
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program: M2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 3906T001 – Mechatronika

**Systém pro plánování virtuální
lisovny – AP Press**

**System for planning of virtual press
shop – AP Press**

Diplomová práce

Autor:	Lubomír Jirutka
Vedoucí práce:	RNDr. Klára Císařová, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Lubomír Jirutka

V Liberci 2. 1. 2008

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Resumé

Cílem diplomové práce bylo podílet se v rozsahu vymezených prací na nahrazení stávajících informačních systémů pro plánování výrobních procesů lisovny nástroji virtuální fabriky. Pro naplnění tohoto cíle bylo nutné prostudovat dostupné komerční systémy pro virtuální návrh pracoviště a plánování výrobního procesu. Studované byly systémy virtuální továrny Delmia a UGS Tecnomatix. Závěr studia vlastností a funkcionalit těchto systémů včetně ekonomické analýzy založené na potřebném počtu licencí a ostatních nákladech na provoz a rozvoj, vede k vývoji vlastního systému AP Press. Práce je hlavně soustředěna na podrobný popis již dostupných nástrojů a je nastíněn další rozvoj tohoto systému plánování virtuální lisovny, který je nyní vyvíjen v rámci firmy Škoda Auto a celého koncernu VW. Je studována a popsána problematika implementace tohoto nového systému do stávajícího IS Škoda Auto. Výsledkem je vytvořené SW rozhraní řešící transformace veškerých datových struktur tak, aby nebyl narušen plynulý chod v nové podnikové struktuře.

Abstract

The main aim of my graduation thesis was to take part in a certain range of defined works that connect existing information systems for planning of the manufacturing process in the pressing shop through virtual factory tools. On that account I had to study all available commercial systems, suitable for the project of the virtual work place and production planning. I had studied systems of DF Delmia and UGS. The result of the study of properties and functions of these systems, including economic analysis based on an essential number of licences and other development and production costs, was the new AP Press System. The dissertation is focused on a detailed description of the available tools, simultaneously there is introduced the next expansion of the planning virtual pressing shop, contemporary developed in Škoda Auto factory and VW Group. There is also studied and described problems connect with the new system integration into contemporary IS Škoda Auto. At the end there was formed an interface, which makes possible to transform the whole structure data without disturbing a continuous run of the new manufacturing structure.

Klíčová slova – Virtuální/Digitální továrna, plánování výrobního procesu, AP Press

Key words – Digital Factory, manufacturing process planning, AP Press

Obsah

Použité zkratky	7
Úvod.....	9
1. Digitální fabrika.....	11
1.1. Co je to DF	11
1.2. Proč se používá DF	13
1.2.1. Modely.....	13
1.2.2. Procesy	14
1.2.3. Nástroje	14
1.2.4. Uživatelé.....	14
1.3. Hlavní přínosy DF	15
2. PLM – Řízení životního cyklu produktu	19
2.1. Životní cyklus produktu.....	19
2.1.1. Stadium návrhu	20
2.1.2. Stadium plánování výroby – DF/MPM systémy	21
2.1.3. Stadium řízení výroby – ERP systémy.....	22
3. Systém AP Press	23
3.1. Celková koncepce systému AP.....	23
3.1.1. HLS – Hallen Layout System	24
3.1.2. KVS – výkresy a modely dílů	28
3.1.3. ES – kusovníky dílů	28
3.1.4. Lisovací zařízení – výkresy a modely	28
3.1.5. Lison - 2D a 3D modely palet.....	29
3.1.6. SK Zenta – Objednávání a kalkulace.....	29
3.2. Představení systému AP Press	29
3.3. Kmenová data	32
3.4. Výrobní plány	39
3.5. Tvorba výrobního plánu	42
3.6. Ergonomická analýza.....	43
3.7. Vytížení zaměstnanců	45
3.8. Tvorba/editace layoutu.....	45
4. Porovnání s dalšími, již existujícími systémy	46
4.1. Popis systému Delmia	46
4.1.1. DPE	47

4.1.2.	PPR Hub	48
4.1.3.	PPR Navigator	49
4.1.4.	Moduly DPE	51
4.2.	Popis systému UGS Tecnomatix.....	55
4.2.1.	eM-Planner.....	55
4.2.2.	eM-Server.....	56
4.2.3.	eM-Engineer	56
4.2.4.	eM-Plant	57
4.2.5.	Další moduly	58
4.3.	Srovnávací tabulka systémů.....	59
4.4.	Nástroje DF potřebné v jednotlivých etapách plánování.....	60
4.5.	Odhadované počty licencí na nástroje DF a ekonomická analýza	61
4.5.1.	Předpokládané počty licencí	61
4.5.2.	Cenová kalkulace nákladů na pořízení systémů	61
5.	Další rozvoj systému AP Press.....	63
5.1.	Ergonomie a simulace procesů	63
5.1.1.	Pracovní prostředí	64
5.1.2.	Modely zaměstnance	64
5.1.3.	Rozbor pracovních operací a jejich simulace	65
5.1.4.	Ergonomická analýza pracoviště a procesů.....	66
5.2.	Virtuální výrobní koncept.....	67
5.2.1.	Výrobní koncept	68
5.2.2.	Umform simulace	68
5.2.3.	Koncepce zařízení.....	69
5.3.	Virtuální materiálové toky	70
5.3.1.	Transferová simulace	71
5.4.	Virtuální procesy	71
6.	Návrh implementace systému AP Press do Škoda IS	73
6.1.	Výběr typu rozhraní	73
7.	Realizace vybraného typu rozhraní.....	75
	Závěr	78
	Použitá literatura.....	80
	Seznam obrázků, tabulek a grafů	81

Použité zkratky

AFO	Arbeitsfolge – výrobní operace
AGV	Automatic Guided Vehicles – automaticky naváděné (řízené) vozíky
AP	Arbeits Plan – výrobní plán
API	Application programming Interface – aplikační rozhraní
CAD	Computer Aided Design – počítačem podporovaný návrh (projektování)
CAE	Computer Aided Engineering – počítačem podporované inženýrské činnosti
CAM	Computer Aided Manufacturing – počítačem podporovaná výroba
CEZ	Celková Efektivita Zařízení
CIM	Computer Integrated Manufacturing – počítačem řízená výroba
CNC	Computer Numerical Control – počítačem řízené stroje
DF	Digital Factory – virtuální továrna
DNC	Direct/Distributed Numerical Control – přímé počítačové řízení
DPE	Delmia Process Engineer – Delmia procesní inženýr
eBOP	electronic Bill of Processes – elektronický soupis/kusovník procesů
ERP	Enterprise Resource Planning – podnikové plánování zdrojů
GM	General Motors
HLS	Hallen Layout System – výkresová dokumentace hal
HSR	Hidden Surface Removal – odstranění skrytých povrchů (stěn)
IP	Internet Protocol
IS	Informační systém
IT	Informační technologie
JVM	Java Virtual Machine – virtuální stroj Java
JDBC	Java Database Connectivity
L	útvary logistiky
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MPM	Manufacturing Process Management – řízení výrobních procesů
MTM	Methods Time Measurement – časová analýza

NS	Nákladové středisko
OEE	Overall Effectiveness Equipment – celková efektivita zařízení
PC	Personal Computer – osobní počítač
PE	Process Engineer – procesní inženýr
PLM	Product Lifecycle Management – řízení životního cyklu produktu
PPR	Product Process Ressource – produkt, proces, zdroj
Q	útvár kvality
ROI	Return on investments – návratnost investic
SCM	Supply Chain Management – řízení dodavatelského řetězce
SID	System IDentifier
SOP	Start of production – začátek produkce
SŘBD	Systém řízení báze dat
SW	Software
V	výrobní útvár
VW	Volkswagen
2D	2 Dimensional – dvou rozměrné
3D	3 Dimensional – tří rozměrné

Úvod

Již odedávna se lidstvo snaží zdokonalovat ve všech odvětvích a vynalézat stále nové způsoby, jak si usnadnit nebo zefektivnit svoji práci. S příchodem IT se mimo jiné otevřely nové možnosti pro strojírenský průmysl. Plánování a řízení výroby jsou disciplíny, které rozvoj IT zásadně ovlivnil. Jediné nástroje, které dříve plánovači měli k dispozici, byly pouze tužky a papír a své papírové podklady ve formě map a šanonů si ukládali do rozsáhlých kartoték. Dříve musela být každá změna výrobního plánu avizována s předstihem, aby bylo vůbec možné včas upravit papírovou výrobní dokumentaci. S příchodem počítačů nahradily tužky a pera sofistikované programy a kartotéky byly nahrazeny databázemi. Celá procedura plánování se tím značně zrychlila a zefektivnila. Prakticky všechen pokrok jde dnes ruku v ruce s vývojem IT.

V dnešní době je nesmírně důležité vyrábět kvalitně a přitom s co nejnižšími náklady. Je tudíž nezbytně nutné investovat do nových technologií a co možná nejčastěji obměňovat a vylepšovat stávající sortiment nabízeného zboží. Zrychlení vývoje nových produktů s vyšší kvalitou ovšem sebou přináší spoustu překážek. Největší z nich je neefektivní plánování výrobních procesů. Špatně navržené a popsané procesy snižují produktivitu a zvyšují náklady. Důvodem neefektivních procesů často jsou nekomunikující a špatně koordinované plánovací útvary. Jednotlivé plánovací útvary používají odlišné metody a prostředky. Jejich práce na sebe nenavazuje a neumožňuje konstruktérům rychle reagovat na změny.

Plánování procesů leží na bedrech technologů a průmyslových inženýrů. Jejich prací je detailně popsat operace (výrobní, montážní, logistické a kvalitativní), na jakých pracovištích mají být realizovány, v jakém časovém sledu mají následovat za sebou atd. V úvahu musí brát dostupnost zdrojů – pracovníci, výrobní zařízení, suroviny/materiál, potažmo polotovary, kapacitu skladů atp.). Také by měli být schopni určit slabá/úzká místa a vytvářet alternativní plány v případě poruchy, popřípadě výjimečného stavu. To znamená vytvářet plán nejen na základě kapacit strojního zařízení, ale brát v úvahu možnou nedostupnost určitého zdroje, pracoviště atp. Při plánování si nechávat i dostatečné rezervy. Snažit se zvýšit objem výroby na maximum a nezvyšovat tím náklady. Není také příliš rozumné zvyšovat objem výroby pouze tím, že zvyšujeme počty pracovníků a strojních zařízení. Je vhodné jít cestou optimalizace stávajících výrobních procesů – zvažovat/vyhodnocovat celkovou využitelnost zařízení (CEZ/OEE) a důkladnou přípravou nových procesů. Každá odhalená chyba již v etapě plánování

může ušetřit miliony při realizaci velkosériové výroby. Firmám, které tyto systémy DF již nasadily, se podařilo zkrátit náběh nového výrobku až o polovinu. Například firma Toyota uvádí na trh každé tři roky nový výrobek a stala se z ní nejúspěšnější automobilka dneška – v žebříčcích hodnocení dle J.D.Power, TÜV, ADAC.

Je téměř nemožné vyhovět všem výše naznačeným požadavkům a vyhnout se překážkám bez adekvátních nástrojů. Proto je tato práce zaměřena na vyvíjené i dostupné systémy, které plánovačům usnadňují práci a zefektivňují jejich úsilí. Jsou to systémy digitální/virtuální fabriky, které poskytují plánovacím oddělením tolik potřebné nástroje pro jejich práci.

Cílem tvorby systému AP Press bylo vytvoření společné platformy, přes kterou budou komunikovat všechny relevantní útvary, které se podílejí na přípravě výroby nového produktu - tvorbě přípravy výrobních dokumentace od fáze vytváření výrobního konceptu, včetně jeho ekonomického vyhodnocení, až po vlastní realizaci tohoto produktu ve výrobě. Primárním výsledkem tedy bude vytvoření možnosti souběžné práce jednotlivých útvarů a sekundárním eliminace neefektivní a často redundantní komunikace pomocí dokumentů typu excel, doc, atd.

Implementace AP Pressu do stávajícího informačního systému této firmy generuje celou řadu problémů – organizačních a implementačních. Například dosud používaný program Techedit ztrácí svoji roli v návrhu pracoviště a popisu všech výrobních operací. Zůstávají mu pouze funkce pro objednávání materiálu a kalkulace, které jsou uloženy v databázi SK Zenta. Veškeré další funkce přechází pod systém AP Press, který má vlastní databázový systém s odlišnou strukturou a formáty dat. Pro vyřešení těchto problémů bylo nutné detailně prostudovat datový model příslušných databází a také tvorbu procesních plánů.

1. Digitální fabrika

V naší době jsou podniky nuceny stále zlepšovat svoji efektivitu a produktivitu, aby si zajistily konkurenceschopnost. Je to vlastně tvrdý boj o přežití, kde se neustále snižují výrobní náklady, zvyšuje se produktivita a každý se snaží svůj výrobní potenciál využít na maximum. Klíčem k úspěchu je dobrá technologická příprava a ergonomické přizpůsobení pracoviště jako je tomu například u firmy Toyota. K tomuto účelu byl vytvořen systém digitální popřípadě virtuální továrny. Tento systém se skládá ze SW i HW. Hardwarem jsou myšleny servery, stanice, síť apod. Aplikace, kterým jsme se v této práci věnovali nejvíce, jsou od firem Dassault Systèmes – Delmia Solutions, Tecnomatix – UGS a vlastní vývoj VW – AP Press.

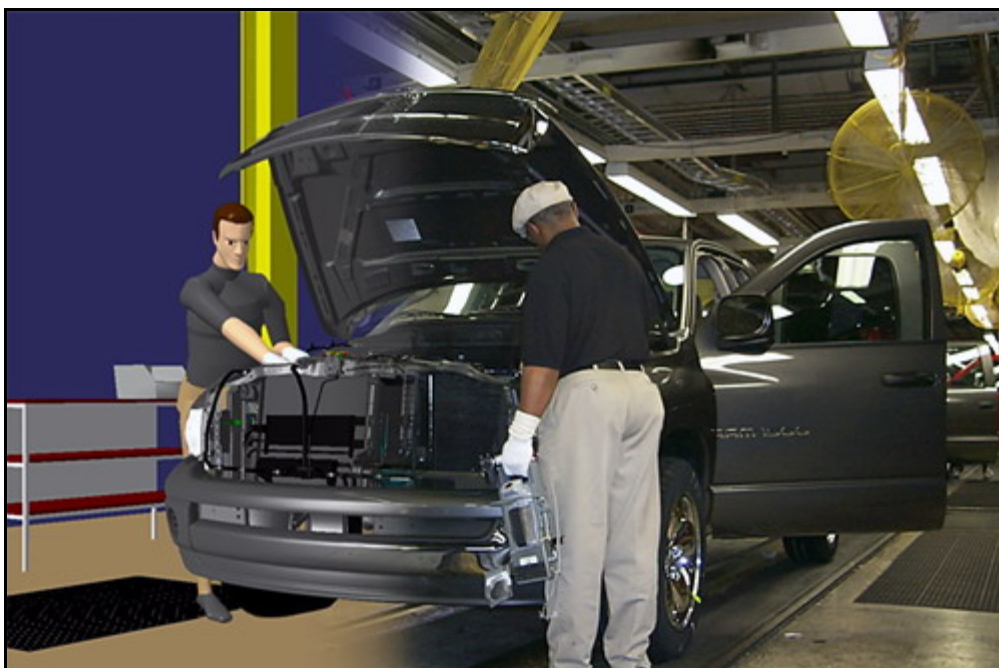
1.1. Co je to DF

Digitální fabrika je vlastně virtuální simulace reálné výroby, která zobrazuje výrobní procesy ve virtuálním prostředí. DF vytváří digitální reprezentaci produktů, procesů a zdrojů. Umožňuje optimálně využívat všech zdrojů a zlepšit pracovní podmínky pro zaměstnance. Systémy digitální fabрики obsahují nástroje pro plánování pracoviště, výrobního procesu, různé typy analýz, 2D + 3D modely těchto pracovišť a všech zařízení (strojů, nástrojů, výrobních linek) včetně popisu činností, virtuálních simulací jednotlivých typů operací. Ze zmiňovaných vlastností DF vyplývá, že se používají hlavně pro plánování a optimalizaci velkosériové výroby složitých produktů. Nejlepší způsob optimalizace je najít a odstranit chyby dříve, než je provoz (technické pracoviště) vůbec zrealizován. Ušetří to spoustu času a hlavně peněz.

Pro tvorbu 2D a 3D modelů fyzických objektů, jako jsou stroje, nástroje, výrobky se používají CAD systémy. Tyto modely se ukládají do společné databáze spolu s daty spojenými s produkty, procesy a materiálem. To znamená, že každý objekt (stroj, nástroj a výrobek) je nejenom rozměrově popsán, ale je pro něj k dispozici 2D nebo 3D náhled.

V systémech jako jsou AP Press, Delmia nebo UGS se poté tyto modely použijí k návrhu pracoviště. Nyní je samozřejmě nutné vytvořit v těchto systémech také modely pracovišť, výrobních hal a linek. Některé systémy dokonce obsahují modely lidí např. Delmia Human pro simulaci člověka na pracovišti. Plošné modely umožňují jednoduché

rozmístění objektů po pracovišti a prostorové dávají detailnější představu o vhodnosti umístění z hlediska ergonomie. Na obrázku 1.1 je pohled na skutečnou (v pravé části obrázku) i virtuální (v levé části obrázku) montážní halu s veškerým vybavením a pracovníky. Je tedy možné si prohlédnout celou továrnu se všemi pracovišti před samotnou výstavbou.



obr. 1.1 Montážní hala

Avšak návrhem pracoviště, popřípadě celé výrobní haly, plánování nekončí. Abychom si byli jisti správným rozmístěním objektů, je nutné detailně naplánovat procesy. Pod slovem proces se skrývají výrobní, logistické, montážní a kontrolní operace. Bezchybné naplánování těchto operací je klíčové pro úspěch celého projektu. Je nutné zajistit přísun materiálu na požadované místo ve stanoveném čase, přemístění polotovarů i hotových výrobků, výměnu nástrojů a údržbu strojů. V neposlední řadě odladit celkový chod samotné výroby. Vše musí být koncipováno tak, aby nedocházelo ke kolizím a výrobní čas byl využit co nejefektivněji. K tomu všemu slouží simulace propustnosti a taktování výrobních linek, materiálových toků a 3D vizualizace (simulace) procesů. Nyní je možné si projít krok za krokem všechny procesní operace na konkrétních stanovištích a v případě potřeby jednoduše provést změny.

A na závěr je nutné provést kontrolu kvality, časové či ekonomické analýzy, případně benchmarking a vše úhledně uspořádat do tabulek a grafů pro srovnání různých plánů a pro prezentaci managementu. Benchmarking slouží k porovnání světových výrobců automobilů v jednotlivých třídách s ohledem na výrobní časy.

1.2. Proč se používá DF

Digitální návrh umožňuje výrobcům urychlit vývoj nových produktů, zdokonalit stávající výrobní procesy a tím značně zvýšit produktivitu. Tento návrh zahrnuje i 2D a 3D simulaci výrobního procesu v reálném čase, což značně zvyšuje pravděpodobnost odhalení problémových míst.

Z hlediska funkčních součástí se dá DF rozdělit na:

- Modely
- Procesy
- Nástroje
- Uživatelé

1.2.1. Modely

Tyto modely slouží k zobrazení reálného prostředí se zařízením a činnostmi prováděnými na tomto zařízení ve virtuálním prostředí. Modelují se tedy haly, závody a jejich strojní zařízení jako jsou linky, roboty, nejrůznější stroje a nástroje, ale také veškeré ostatní vybavení (nábytek). K tomuto zařízení se modelují činnosti, jako jsou technologické operace, sváření, lisování, montáž apod. Dále se k zařízením a činnostem váží materiálové toky (materiál, díly, hotové produkty, ...). Dokonce se modelují i zdroje energie tepelné, elektrické, vodní atd.

Modely fyzických objektů jsou buď 2D nebo 3D, přičemž 2D modely se používají na plošné rozmístění zařízení na pracovišti, tzv. **layout**. Naproti tomu 3D modely umožňují prostorové rozložení zařízení a tím poskytují lepší představu o plánovém pracovišti a hlavně efektivnější detekování chyb (neergonomické umístění materiálu, nářadí, kolize zařízení atd.).

1.2.2. Procesy

Pod slovem proces se skrývají veškeré operace spojené s tvorbou výrobku. To znamená všechny výrobní, logistické, montážní a kontrolní operace. Velmi podstatnou částí práce technologických a plánovacích oddělení je nyní začlenit tyto systémy DF do stávajících podnikových procesů. DF se snaží co nejvíce implementovat stávající výrobní postupy a využívat aktuálních výrobních příruček. Tento systém samozřejmě poskytuje řadu nástrojů pro změnu a optimalizaci procesů. V neposlední řadě také vymezuje pracovní povinnosti pro jednotlivé útvary a vytváří vazby mezi nimi.

1.2.3. Nástroje

Nástroje jsou jak HW, tak SW. HW se rozumí servery, počítačové sítě atd. Do nástrojů také patří technologické standardy, různé metodiky řešení problémů, časové a ekonomické analýzy, ergonomické analýzy a další nástroje, které obsahují systémy DF. Tato práce je zaměřena na konkrétní SW nástroje, které poskytují produkty firem Tecnomatix, Delmia a vlastní vývoj VW.

1.2.4. Uživatelé

Nejdůležitějším předpokladem k úspěchu při využití nových technologií jsou její uživatelé. Zavedení DF do výrobních závodů (průmyslu) se dá svým rozsahem, složitostí a výsledným efektem přirovnat k revoluci, kterou způsobilo zavedení PC do průmyslu. Je nutné zajistit kvalitní přípravu zaměstnanců – školení/vzdělávání, tvorba školících prostředků (manuály), přidělování kompetencí vzhledem k podílu na tvorbě procesních plánů a tvorba pracovních skupin/týmů. Zavedení DF vyžaduje velkou podporu ze strany managementu a v některých případech i změny organizační struktury podniku. Jako příklad může sloužit sloučení průmyslových inženýrů s technologií – společně se podílejí na tvorbě plánu. Jedná se o složitý a zdoluhavý proces, který je ovšem nezbytně nutný z hlediska konkurenceschopnosti na trhu.

1.3. Hlavní přínosy DF

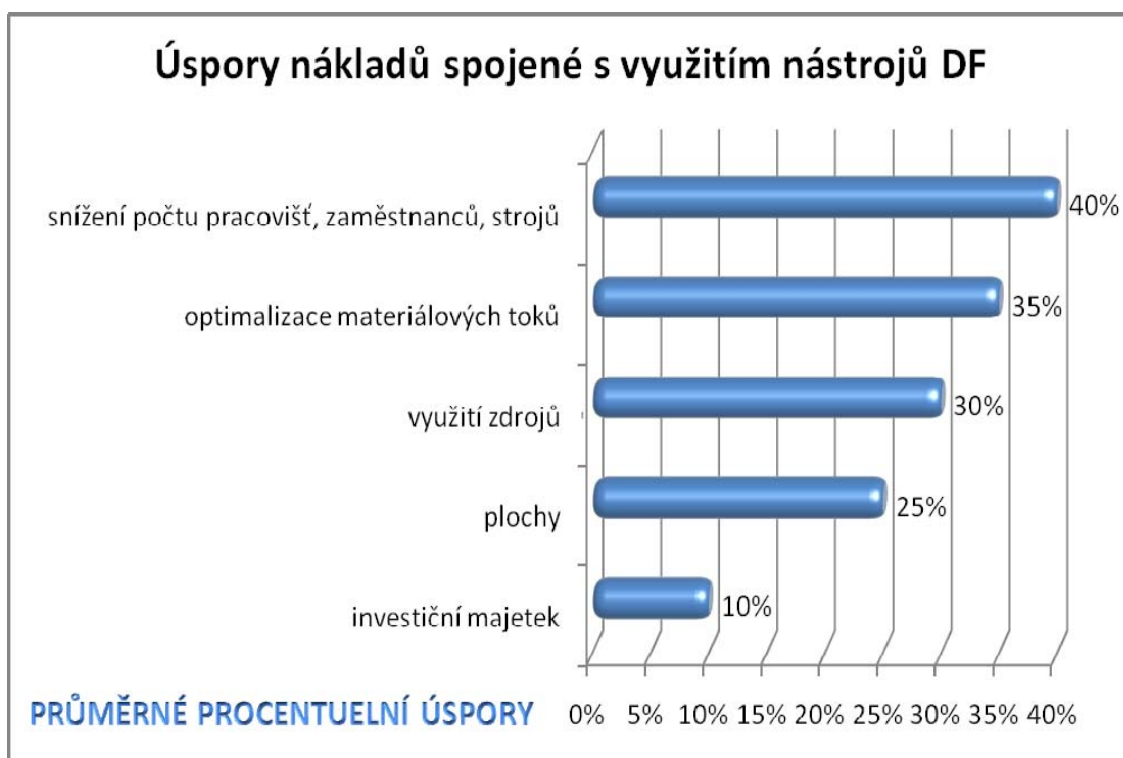
Hlavními přínosy DF jsou správné navržení nebo optimalizace výrobních procesů, ergonomické a nekolizní rozmístění objektů ve výrobních halách. Tvorba příruček a výrobních návodů s možností vizualizace ve 3D. Dále také možnost provádět relevantní simulace – materiálové toky, změny sortimentu, výpadky jednotlivých zařízení v procesu. Data generovaná během celého plánování jsou uložena ve společné databázi a jsou tak dostupná uživatelům (konstruktérům, technologům, průmyslovým inženýrům a vedení) pro další zpracování nebo jen k náhledu. Sdílení dat a možnost spolupráce napříč všemi plánovacími odděleními. A v neposlední řadě úspory vyplývající z dobré přípravy výroby a zlepšení pracovního prostředí zaměstnanců.

Zde je výčet hlavních přínosů DF:

- Urychlení vývoje nových produktů
- Virtuální návrh pracoviště 2D, 3D – prohlídka pracoviště před jeho fyzickou realizací
- Z toho vyplývá odhalení chyb již při návrhu pracoviště (neergonomické rozmístění náradí, materiálu)
- Prověření procesů před zahájením výroby – analýzy, simulace
- Lepší využití plochy a snížení úprav rozmístění zařízení
- Odhalení slabých míst a kolizí
- Rychlejší možnost změny – zefektivnění stávajícího procesu
- Lepší využití zdrojů
- Snížení počtu zmetků
- Programování strojů offline

Tento výčet hlavních přínosů má přímý podíl na ekonomické ukazatele plánované výroby.

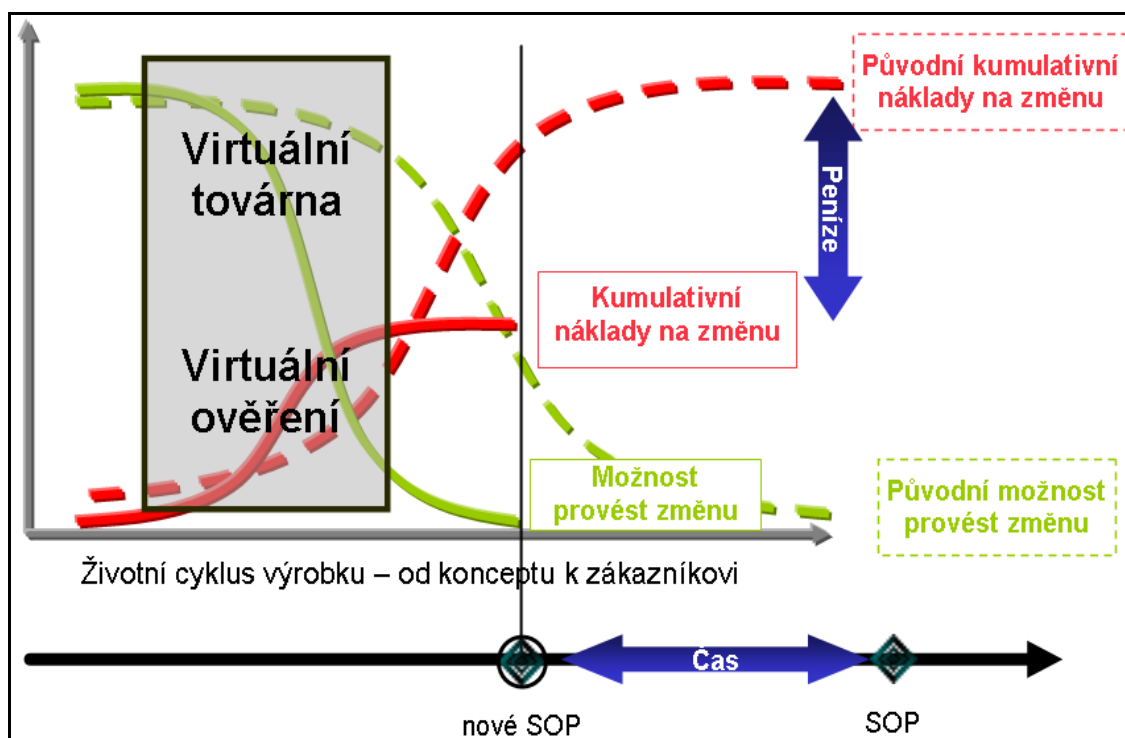
Graf 1.2 a též dva následující grafy vznikly na základě studií společnosti **CIMdata** [3], která prováděla průzkum dosažených výhod spojených s využitím nástrojů DF. Studie zahrnovala dvanáct firem z automobilového, lodního a leteckého průmyslu. Ačkoliv se jedná jen o malý výběr (pouze 12 společností) napříč průmyslem, jedná se o významné firmy všech velikostí a jejich data se dají považovat za relevantní. Dosažené úspory v procentech vznikly průměrováním dat ze všech dvanácti společností a je nutné je brát s rezervou. Těmito daty jsou dosažené výsledky s využitím nástrojů DF a data porízená z předchozích období s pomocí konvenčního plánování.



graf 1.2 Dosažené úspory nákladů

Každá předem odhalená chyba v etapě plánování se při rozjetí sériové výroby mnohonásobně vyplatí, čímž je zaručena návratnost investic do DF. Na obrázku 1.3 je graf založený na zkušenostech firem, které implementovali nástroje DF do svého plánování. Jednotlivé křivky znázorňují závislost růstu nákladů na změnu (červená čára) a proveditelnost změny (zelená čára) během plánování výroby do startu produkce (SOP). Plné čáry znázorňují konvenční plánování a přerušované DF.

Je patrné, že odladění chyb již v etapě návrhu pomocí nástrojů DF sníží kumulativní náklady, které by vznikly při fyzické realizaci výroby. Je možné ušetřit náklady díky lepšímu využití zdrojů, optimalizaci materiálových toků, lepšímu využití prostoru a snížení počtu pracovišť. To vyplývá z možnosti virtuálního ověření navrhovaného plánu. Dále je zřejmé zkrácení plánovací etapy nového produktu a snížení nákladů spojenými s plánováním. Zkrácení plánovacího času je výsledkem lepší koordinace a spolupráce jednotlivých plánovacích útvarů. S přibývajícím časem klesá možnost provést změnu a rostou náklady.



obr. 1.3 Náklady na změnu v etapě plánování

Díky všem propracovaným analýzám, možnosti virtuálního ověření výrobní koncepce a dalším „vymoženostem“ DF, dosáhli oslovení výrobci následujících zlepšení viz graf 1.4. Největšího procentuelního zlepšení bylo dosaženo zkrácením doby potřebné k uvedení produktu na trh, což umožňuje výrobcům rychleji přicházet na trh s novými modely svých produktů. Podařilo se také zvýšit produkci a to vše se snížením celkových produkčních nákladů o 13%.



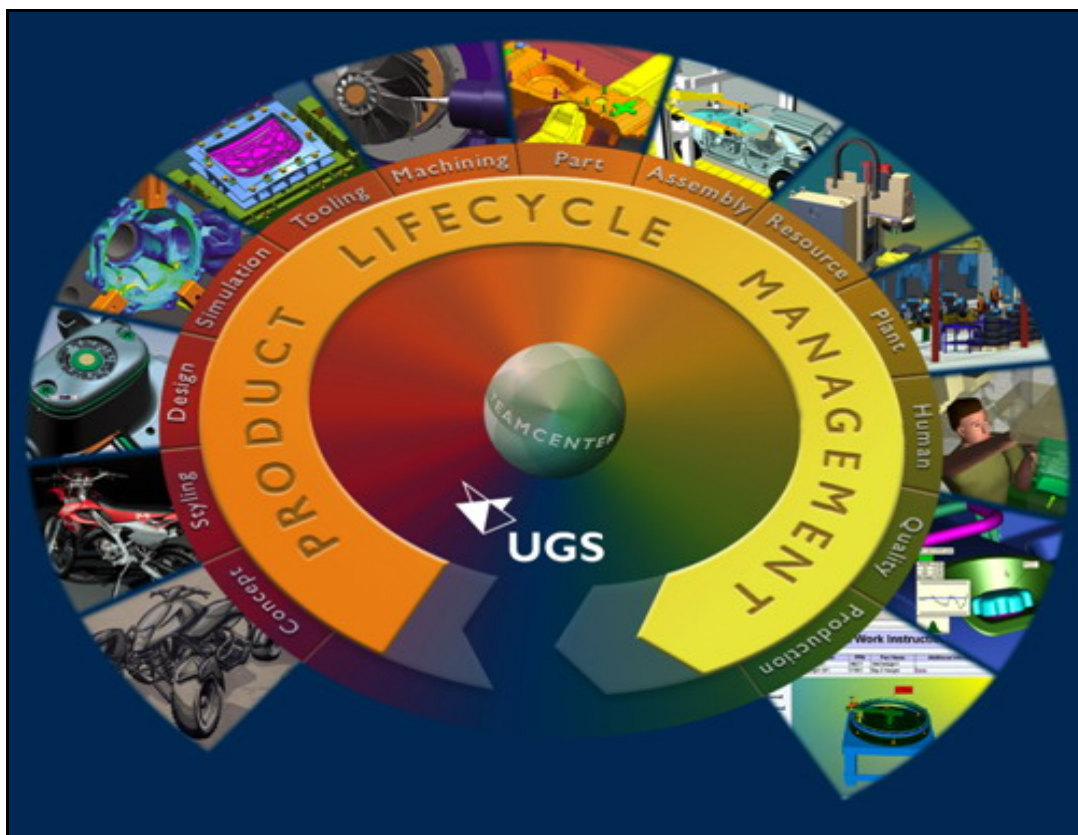
obr. 1.4 Celkové výhody dosažené pomocí nástrojů DF

Dalším důležitým ukazatelem je **ROI**, které se zabývá návratností investic. Ze studie CIMdata report vyplývá, že na investicích do DF vydělají nejvíce velké korporace, které mohou dosáhnout roční návratnosti investic až 10 ku 1. Platí to také pro středně velké společnosti s rozsáhlou sériovou výrobou, kde každé sebemenší zlepšení/úspora se mnohonásobně zhodnotí.

2. PLM – Řízení životního cyklu produktu

2.1. Životní cyklus produktu

PLM představuje prostředky (SW a HW) řídící životní cyklus produktu od jeho koncepčního návrhu po produkci. Stal se nástupcem nebo spíše rozšířením CIM o nové oblasti. CIM lze popsat jako kompletní automatizaci ve výrobním podniku, kde všechny procesy probíhají pod počítačovou kontrolou a veškerá data spojená s výrobou jsou zpracována a uchována v digitální formě. Pro lepší představu se CIM vyvíjelo od jednoduchého CNC řízení, přes počítačový návrh produktů a strojů (CAD), automatickou obsluhu výměny nástrojů a transport obrobků mezi jednotlivými výrobními stanovišti s počítačově řízenými vozíky (AGV), po kompletně automatizované a robotizované pracoviště. Systémy DF tedy logicky doplňují chybějící články ve vývoji produktu, čímž je počítačový návrh a modifikace výrobních procesů. Obrázek 2.1 ukazuje jednotlivé etapy životního cyklu výrobku od konceptu po finální produkt.



obr. 2.1 PLM řešení od firmy UGS

Za poslední třicet let byla vyvinuta spousta SW pro návrh produktu, jako jsou CAD systémy. Například to jsou AutoCad, ProEngineer, Catia atd. V těchto systémech je zkonstruován model jak produktu, tak i stroje který ho bude vyrábět ve 2D i 3D. Během posledních let se vyvíjí systémy, které podporují návrh pracoviště – prostorové uspořádání zařízení (strojů, materiálu, manipulátorů, nářadí atd.), testování pracovních postupů (V, Q, L) a samotné řízení výroby tohoto produktu. Těmito systémy se uzavírá životní cyklus výrobku od návrhu až po samotnou realizaci výroby.

Když se nyní podíváme podrobněji na životní cyklus produktu, tak ten prochází těmito stadii.

2.1.1. Stadium návrhu

CAD – Computer Aided Design – jsou to systémy pro digitální návrh nebo inovaci produktu. Tyto systémy poskytují technologické postupy pro řešení geometrických a rozměrových charakteristik produktu. Digitální výkresová dokumentace je realizována jako standardní 2D výkresová dokumentace nebo komplexnější 3D model, který je definován pomocí objemů a ploch popsanych nejčastěji pomocí rozměrových a geometrických parametrů.

CAE – Computer Aided Engineering – systémy orientující se na podporu inženýrské činnosti. Poskytují funkce pro technické analýzy a výpočty, které vedou k optimalizaci geometrie a rozměrů nových nebo inovovaných produktů během jejich návrhu. V této oblasti se také vyskytují systémy řešící kinematické vazby a pohybové rovnice. Ve své podstatě tyto systémy úzce souvisí s návrhem produktu, a proto je integrují přímo některé CAD systémy.

FEM – Finite Element Method – metoda konečných prvků aplikovaná v oblasti návrhu produktu. FEM doplňují CAE systémy v oblastech mechaniky, kinematiky, dynamiky, pružnosti a pevnosti, akustice, termice a dalších odvětvích této oblasti.

2.1.2. Stadium plánování výroby – DF/MPM systémy

DF – Digitální Fabrika a **MPM – Manufacturing Process Management** jsou hlavní oblasti, které jsou v této práci rozvedeny a popsány. MPM se zaměřují hlavně na návrh a odladění výrobních procesů, návrh a ergonomické rozvržení pracoviště, maximalizaci vytížení výrobního zařízení a zaměstnanců a kvalitativní zhodnocení výroby. Ve své podstatě radikálně usnadňují a koordinují práci plánovacích útvarů. Mají podstatný vliv na snížení nákladů a urychlení plánovací etapy.

CAM – Computer Aided Manufacturing – jsou systémy pro počítačovou podporu výroby. CAM systémy obsahují nástroje pro přípravu technologických operací pro obráběcí, tvářecí nebo jiné výrobní stroje. Pro vytvoření geometrie produktu (3D modelu) se využívá většinou CAD systémů a CAM jsou používány jako programovací nástroj, který generuje kód řídící CNC stroje. Například nastavují dráhu nástroje a vykonávají přesné obráběcí operace. Mohou také přinášet další stupně automatizace tím, že udržují dráhu materiálů a obstarávají automatickou výměnu nástrojů. CAM systémy tedy úzce souvisí s problematikou obrábění (CNC stroje) a DNC produkčních sítí.

SCM – Supply Chain Management – systémy zabývající se oblastí logistiky a řízení dodavatelsko-odběratelského řetězce. SCM jsou systémy pro tvorbu strategie, týkající se dodávky surovin, polotovarů, případně produktů, včetně služeb od dodavatelů a subdodavatelů. Tyto systémy v sobě též integrují funkce pro vývoj nebo výrobu těchto produktů, transport přes distribuční linky až ke koncovému spotřebiteli. Hlavními oblastmi dodavatelského procesu jsou plánování, dovoz, výroba, export, reklamace. Produkt zde prochází dvěma stadii, z nichž první je plánovací a druhé stadium je realizace. Z toho vyplývá, že jsou zde aplikace zabývající se nalezením optimálního stavu a aplikace zaměřené na evidenci a kontrolu.

2.1.3. Stadium řízení výroby – ERP systémy

ERP – Enterprise Resource Planning – jsou systémy, které podporují podnikové plánování zdrojů a poskytují řadu aplikačních funkcí. Konkrétně se jedná o podporu analytických činností, korporačních služeb, řízení lidských zdrojů, řízení logistiky a správa a řízení financí. ERP je vlastně komplexním IT řešením, které spojuje finanční a ekonomické agendy s obchodními a výrobními procesy. Strukturu ERP tvoří moduly, což jsou aplikace – finance, obchod, produkce/výroba, atd. Kromě uchovávání kapitálových dat poskytují také tvorbu finančních přehledů a hodnocení hospodaření firmy.

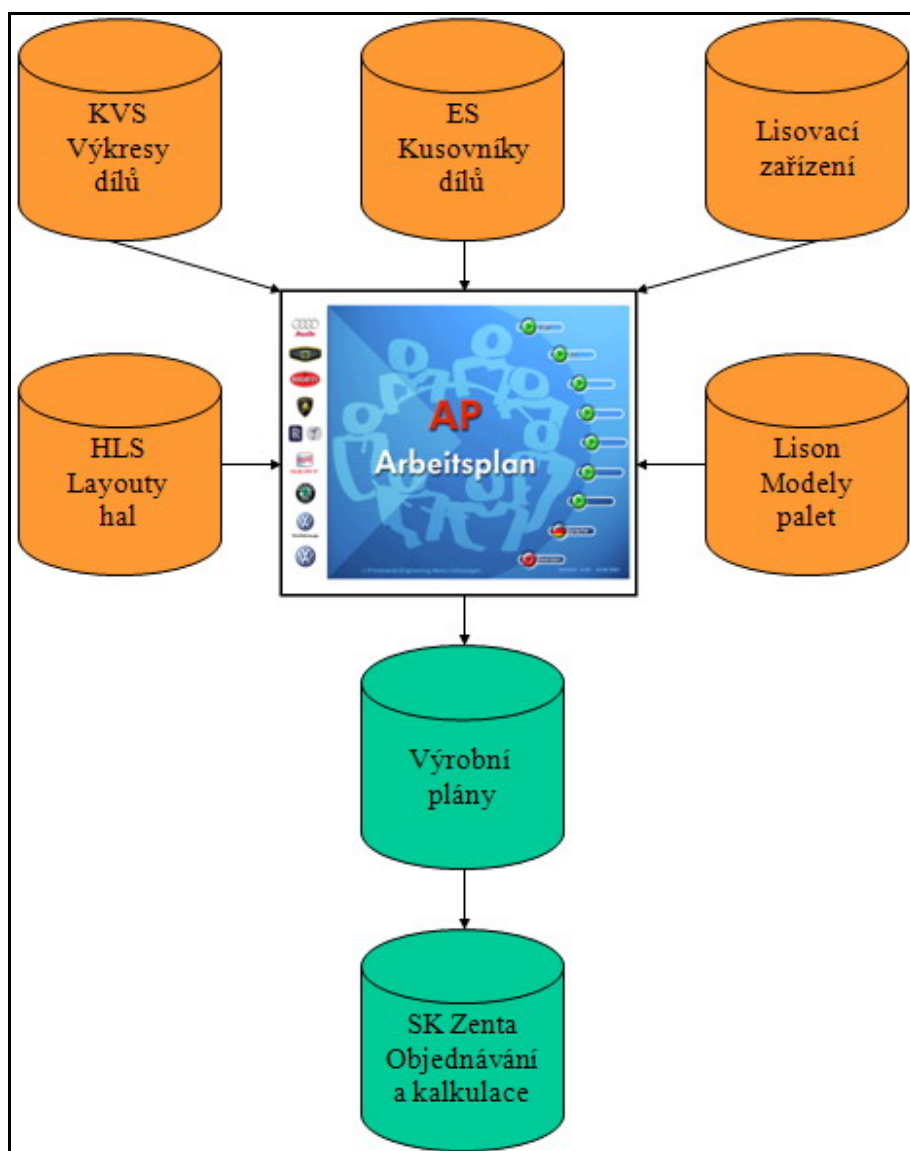
PDM – Product Data Management – systémy poskytující nástroje pro správu dat patřící produktu ve všech stádiích vývoje a řízení produkce produktu. Databázové systémy pro správu velkého množství dat v digitální podobě. Příkladem těchto dat mohou být čísla a specifikace dílů, materiál, CAD výkresy nebo modely atd. Nahrazují sekvenční zpracování činností při běžném vývojovém procesu paralelním zpracováním, čímž značně urychlují vývoj produktu. Propojují výstupy z jednotlivých aplikací, a proto musí podporovat celou řadu datových formátů, čímž jsou předurčeny k podpoře týmových projektů. Rovněž uživatelům usnadňují práci s různými příručkami, kusovníky a dalšími technickými dokumenty.

Všechny tyto činnosti spadají pod takzvaný **PLM**, což je řízení životního cyklu produktu. Do tohoto cyklu patří i marketing, prodej, servis a technická podpora. Tyto činnosti nás ale z hlediska návrhu a realizace výroby produktu již nezajímají.

3. Systém AP Press

3.1. Celková koncepce systému AP

Centrálním prvkem systému je **AP – Arbeits Plan**, který má přístup do jednotlivých databází potřebných pro tvorbu výrobních plánů viz obr. 3.1.



obr. 3.1 Koncepce systému AP

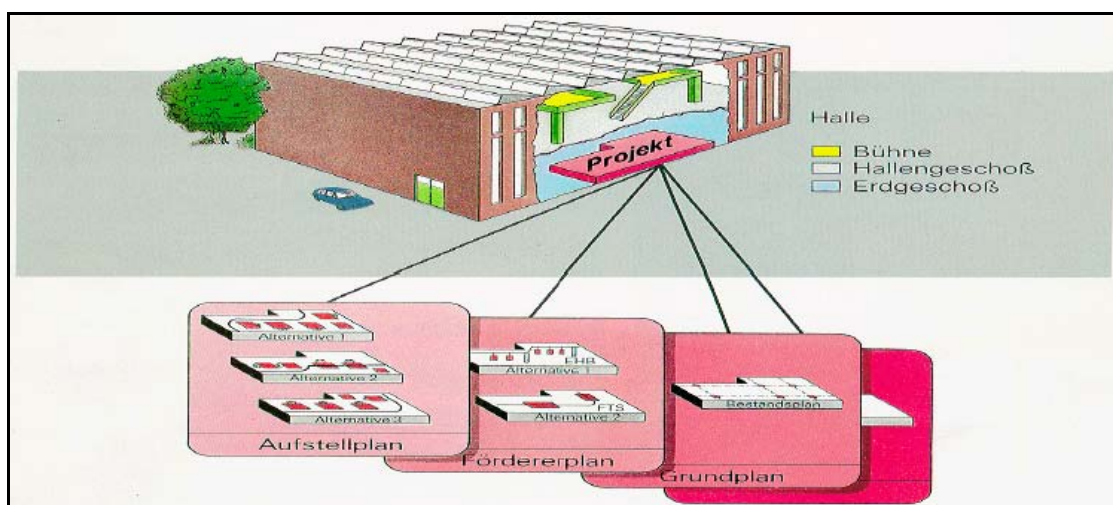
AP získává vstupní data potřebná pro tvorbu plánu z koncernových databází. Na obrázku 3.1 je vidět pět vstupních databází. Konkrétně to jsou databáze HLS, KVS, ES, lisovací zařízení a palety. Z těchto uložených dat se tvoří nové výrobní/procesní plány pomocí funkcí integrovaných v AP.

3.1.1. HLS – Hallen Layout System

HLS je dlouhodobě vyvíjeným (od roku 1980) koncernovým systémem určeným pro správu výkresové dokumentace hal. Umožňuje plánování specifických prostor a prostředí v okolí továrny. Jeho hlavní výhodou je víceúrovňové plánování a s tím spojené efektivní sdílení navržených variant mezi jednotlivými plánovacími útvary. Dále poskytuje nástroje pro tvorbu náhledů na vybrané části pracovišť a jejich modifikace. Určuje platné datové struktury (názvy výkresů, názvy hladin, typy čar atp.) platné pro celý koncern VW a umožňuje také konverze mezi nimi. Koordinuje práci jednotlivých plánovacích oddělení a poskytuje nástroje pro ověření a ohodnocení dat. HLS v plné míře také využívá integrovaný projektový systém ProjectWise, určený pro správu dokumentů všech projektů a jejich logické spojování do skupin bez ohledu na jejich fyzické umístění.

Výkresy hal se vytváří pomocí CAD, konkrétně Microstationu a poté se exportují do HLS databáze. Je zřejmé, že tyto výkresy musí také obsahovat nákresy strojních zařízení, vybavení (stojany na nářadí, materiál), výrobních a transportních linek, specializovaných pracovišť a inženýrských sítí.

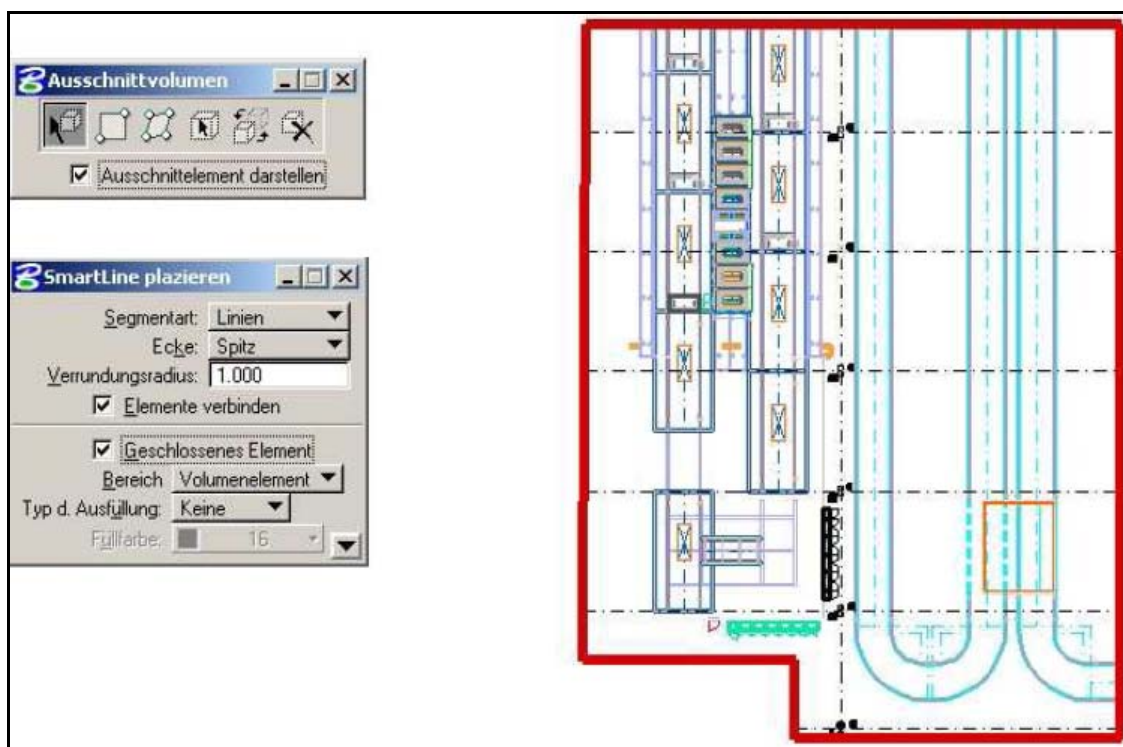
Základní koncept projektování haly je na obrázku 3.2. Hala (Halle) je rozdělena na různé typy poschodí - přízemí (Erdgeschoß), patra/poschodí (Hallengeschoß) a plošiny (Bühne). Plánovací projekt je rozdělen do několika úrovní – stavební (Bauplan), základy (Grundplan), transportní linky (Fördererplan), plán rozestavení výrobních zařízení (Aufstellplan) atd.



obr. 3.2 Základní koncept projektu haly

Největší organizační jednotkou je poschodí/patro zahrnující data popisující závod, halu a typ poschodí (podzemí, přízemí, halové patro, podkroví). Jedno poschodí může obsahovat několik plánů, které jsou definovány plánovacími kódy, sekcemi a náhledy. Plánovací kódy udávají různé typy zdí, nosné konstrukce, podpůrné konstrukce, nosníky, trámy atp. Velikost plánovaného místa vymezuje sekce – může se jednat o jednu nebo i všechny sekce poschodí. Náhled poskytuje 2D nebo 3D model tohoto místa. Všechna tato data jsou klíčová pro tvorbu HLS dokumentu.

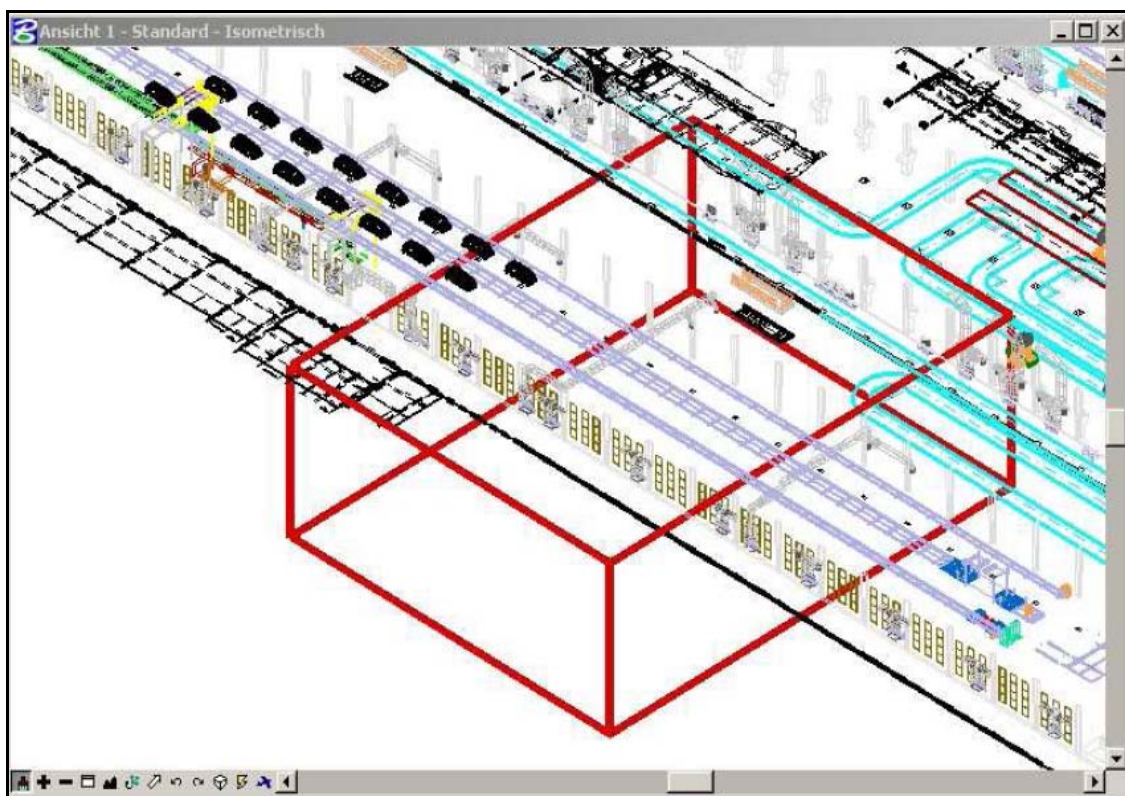
Při tvorbě nového HLS dokumentu je možné vytvářet reference na vícero náhledů (Ansicht) potřebných při tvorbě plánu. Na obrázku 3.3 je výřez části layoutu haly s rozmístěným zařízením. Z těchto výřezů (Ausschnitt) se dají vytvářet náhledy, které slouží k úpravám pracovišť, výrobních linek atp. a stávají se součástí procesních plánů.



obr. 3.3 Ukázka výřezu půdorysu haly

Pomocí HLS lze také (kromě hal) vytvářet a upravovat kancelářské prostory, zásobovací a transportní systémy, okolní prostředí. Dále je možné uchovávat vícero variant plánů v jedné centrální databázi HLS a jejich efektivní sdílení mezi jednotlivými uživateli.

Jednoduché plošné nákresy se rozšiřují na prostorové modely, které jsou ideální pro tvorbu výrobních linek a pracovišť. 3D modely umožňují ergonomické přizpůsobení pracoviště a odhalení dalších chyb vzniklých při plošném návrhu. Ukázka objemového nebo také prostorového výřezu (Ausschnittsvolumen) je na obrázku 3.4.

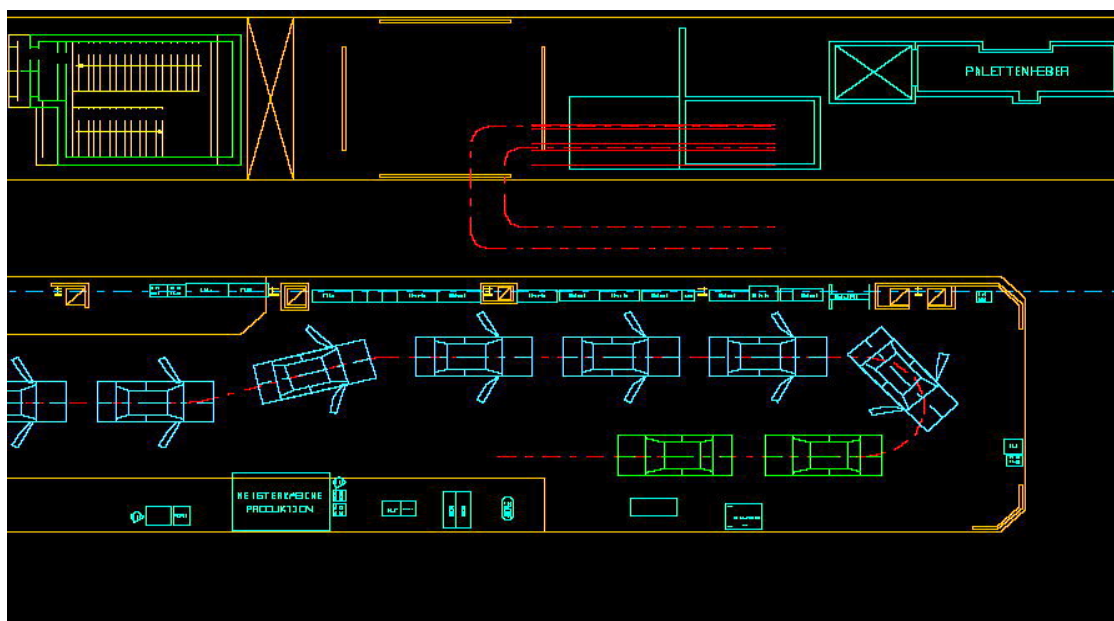


obr. 3.4 Objemový výřez montážní haly

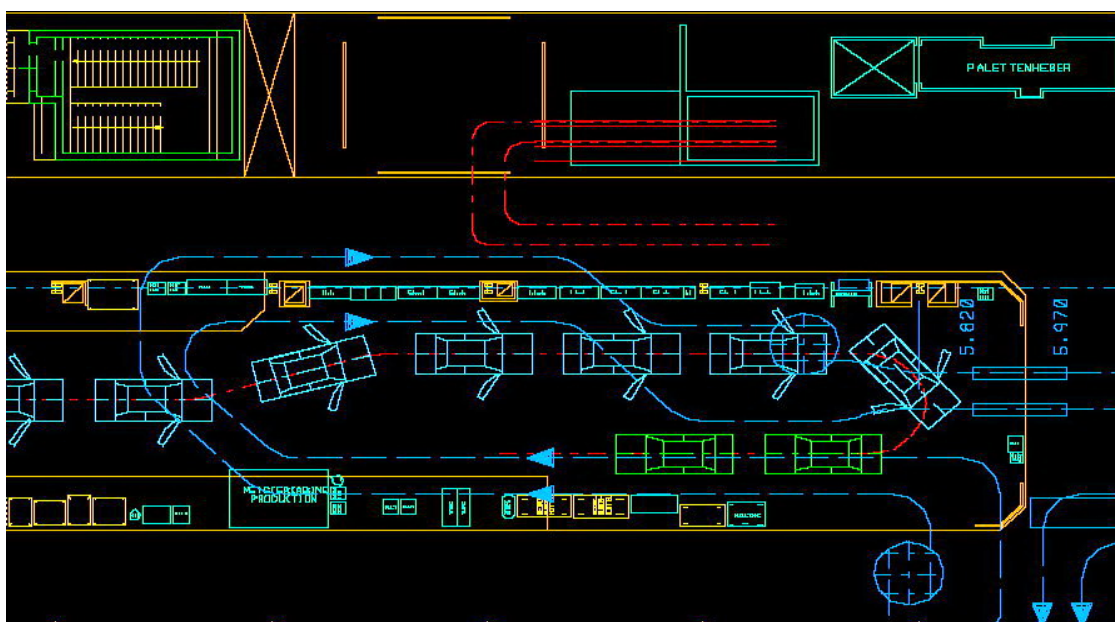
Pro tvorbu náhledu (Ansicht) na požadovanou část (element) haly z plošného nebo prostorového výřezu je nutné dodržet následující postup. Založit nový dokument s typem plánu pro AP nebo AP Press v HLS. K tomuto slouží jedna z funkcí ProjectWise, které spravuje všechny HLS projekty. Dále je nutné připojit HLS referenční dokument, který bude odkazovat na konkrétní layout haly. Nyní lze vytvořit pomocí tzv. polygonového tahu uzavřený výřez, u kterého je možné měnit různé parametry (velikost/měřítko, viditelnost úrovní). Na obrázku 3.5a je plánovací koncept layoutu haly s viditelnou stavební úrovní a rozestaveným zařízením a na obrázku 3.5b je layout stejné haly s přidánými úrovněmi logistického a dopravníkového plánu.

Po změně parametrů je vytvořen náhled na vybranou část layoutu haly a je připraven k exportu do AP nebo AP Pressu. Nyní může plánovač libovolně upravovat

rozmístění nářadí, strojů, palet, stojanů atd., aniž by změnil původní výkres haly. Tento upravený náhled se pak stane součástí výrobního plánu.



obr. 3.5a Layout haly s Bauplan a Aufstellplan úrovni plánu

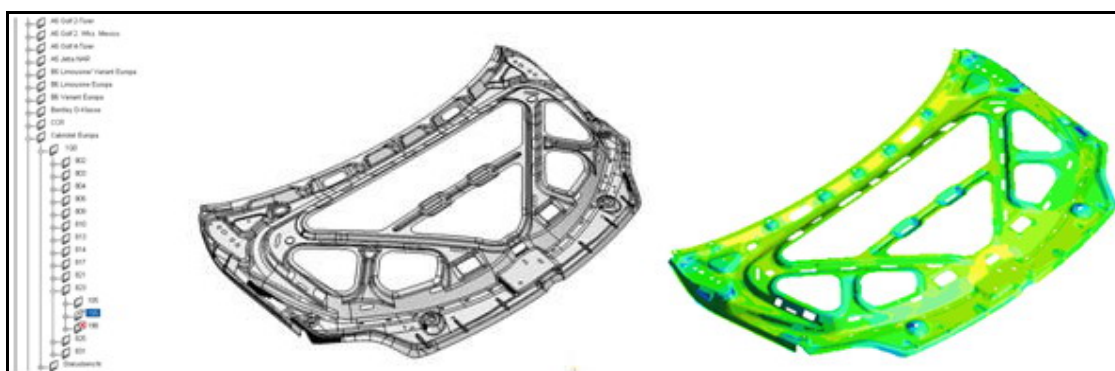


obr. 3.5b Předchozí layout haly rozšířený o logistický plán s dopravníky

Obrázky 3.5a a 3.5b názorně ukazují postupnou tvorbu jednotlivých úrovní plánů, kdy každé plánovací oddělení přidává svojí část.

3.1.2. KVS – výkresy a modely dílů

KVS obsahuje konstrukční dokumentaci vyvíjených dílů. Konstrukční dokumentace se skládá z 2D konstrukčních výkresů a 3D modelů vytvářených pomocí CAD systémů (Catia). Na obrázku 3.6 je vlevo drátový (wireframe) model a vpravo solid model vnitřního plechu kapoty.



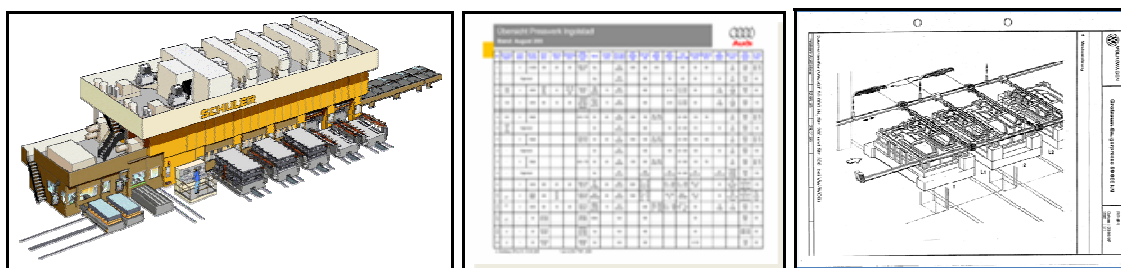
obr. 3.6 Wireframe a solid model přední kapoty

3.1.3. ES – kusovníky dílů

ES je databáze obsahující konstrukční kusovníky vyvíjených dílů. Jsou zde uloženy informace o dílech, jejich výkresech a jejich užití v kusovníku. Informace lze číst pomocí jednoduchých prohlížečích funkcí integrovaných v AP. Poskytuje také funkce pro víceúrovňové rozpady/rozložení soustav a detailní informace dílů i jejich užití.

3.1.4. Lisovací zařízení – výkresy a modely

Koncernová databáze pro správu výkresové dokumentace. Databáze také obsahuje technické specifikace lisovacího zařízení a jejich CAD 3D modely.



obr. 3.7 3D model lisu, technické atributy, výkresová dokumentace

3.1.5. Lison - 2D a 3D modely palet

Lison je koncernová databáze spravující všechny druhy palet. Modely jsou doplněné o technické parametry – výška, šířka, délka. K dispozici jsou i fotky těchto palet.

3.1.6. SK Zenta – Objednávání a kalkulace

Obsahuje výrobní (technologický) kusovník. Aplikace **Techedit** je nyní rozdělena na dvě části. Technická část Techeditu spravuje výrobní kusovníky a umožňuje získávat informace o dílech, výrobních operacích, technologických vazbách. Připravují se také funkce pro víceúrovňové rozpady a objednávání materiálu. Druhá část je kalkulační a slouží ke stanovení nákladů. Dříve byl součástí i Text, což byly textové technologické postupy, které přešly pod systémy DF – zde konkrétně pod AP Press.

3.2. Představení systému AP Press

AP Press je nadřazený systém k vytváření dokumentace výrobních plánů pro výlisky. Tvorba výlisku je první etapa při tvorbě některých dílů pro automobily. Plánovači (technolog, průmyslový inženýr) mají díky tomuto systému možnost vytvářet a dokumentovat procesní plán – výrobní, logistický a kontrolní.



obr. 3.8 Představení systému AP Press

Při tvorbě těchto plánů mohou využívat speciální funkce a analýzy – časování analýza operací (MTM analýzy), animace lisovacích linek, simulace výroby pro různé díly, příprava kalkulací nákladů výroby atd. AP Press poskytuje uživatelům podílejícím se na tvorbě plánu čerpání dat a informací z několika systémů, jako jsou HLS, KVS, ES atd. a to v rámci jedné aplikace. Speciální funkce pro lisovnu, které obsahuje AP Press, jsou integrovány do komplexního AP, kde se tvoří celkový procesní plán pro všechny díly od tvorby výlisku až po finální montáž automobilu.

Tvorba procesního plánu probíhá v AP Pressu ve dvou stupních. První stupeň slouží k vytvoření průběhů procesů každého lisovacího zařízení daného závodu. Zařízení se nachází v kmenových datech, kde se definují strojové a výrobní parametry. Tímto jsou vytvořeny kmenové/vzorové plány podle druhu lisovacího zařízení, které jsou uloženy v kmenových datových souborech. V kmenových datech jsou vytvořena také pseudozařízení a to z důvodu procesních průběhů, které se nedají definovat pro konkrétní zařízení. Příkladem těchto pseudozařízení jsou logistické operace.

Existují čtyři druhy parametrů specifické pro koncern, závod, zařízení a díl. V prvním stupni se definují hodnoty parametrů koncernu, závodu a zařízení. Ke stanovení parametrů dílů dochází až v druhém stupni, kdy probíhá generování výrobních plánů pro výlisky z kmenových, respektive vzorových plánů zařízení v definované oblasti.

Nové plány se zakládají vždy pro určitou skupinu dílů (TeileFamilie) uložených ve stejné složce. Při tvorbě plánu z kmenových dat zařízení v rámci složky skupiny dílů se připouštějí jen čísla dílů patřící do této skupiny dílů.

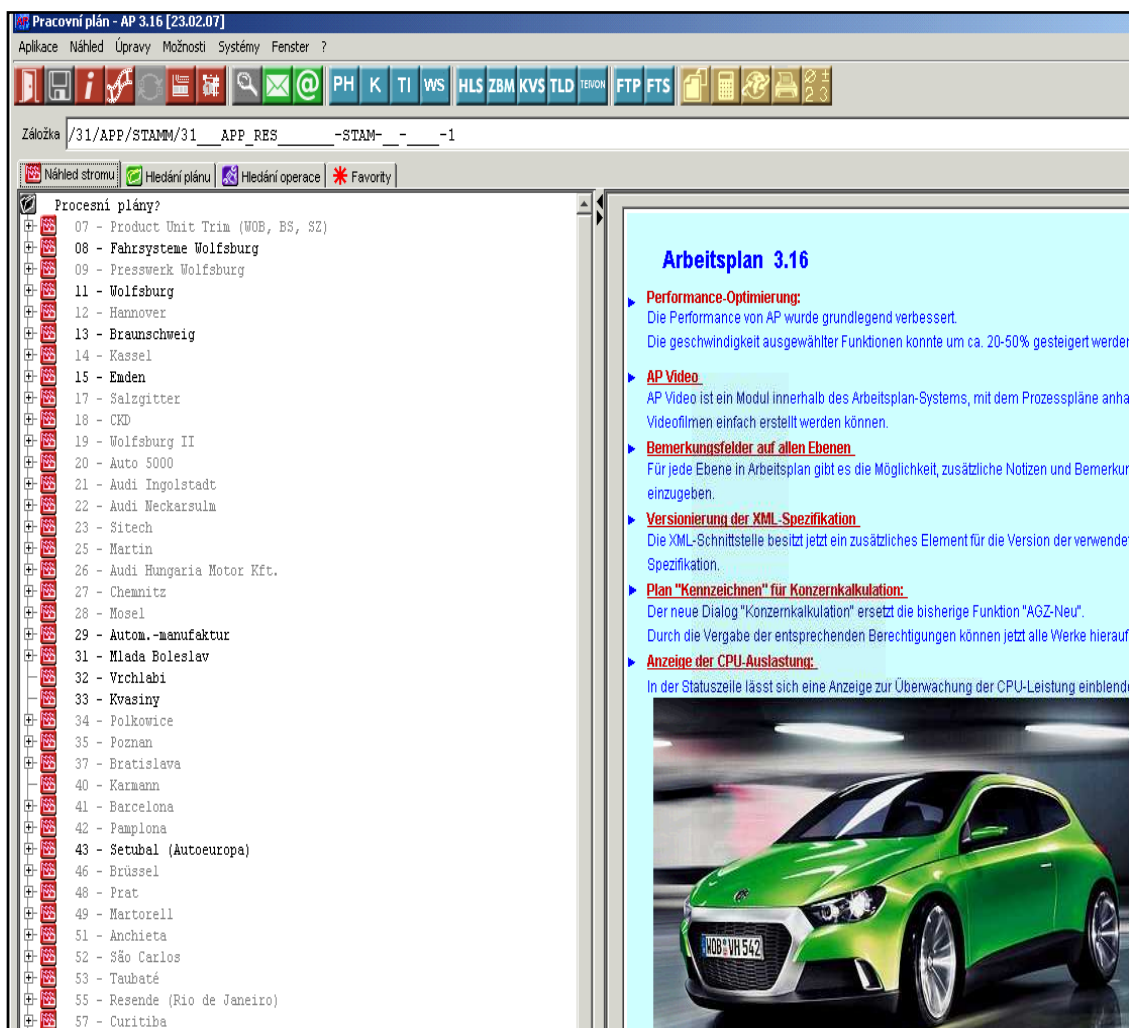
Arbeits Plan je systém typu klient/server, do kterého se ukládají procesní plány pro všechny vyráběné díly v celém koncernu VW. Každá koncernová značka se dále dělí na závody, provozy, haly a linky, jako jsou montážní, svářečí, lisovací atd. **Procesní plán** se skládá z výrobního, montážního, logistického a kontrolního plánu. Tyto plány mohou být přístupné pro všechny závody v koncernu.

Toto značně urychlí vytváření nových pracovišť, neboť pokud se bude např. převádět výroba (ekonomické, kapacitní hlediska), všechna potřebná data se pouze přenesou z již fungující výroby a popřípadě upraví místním podmínkám (např. parametry závodu, stroje,...).



obr. 3.9 Komplexní AP

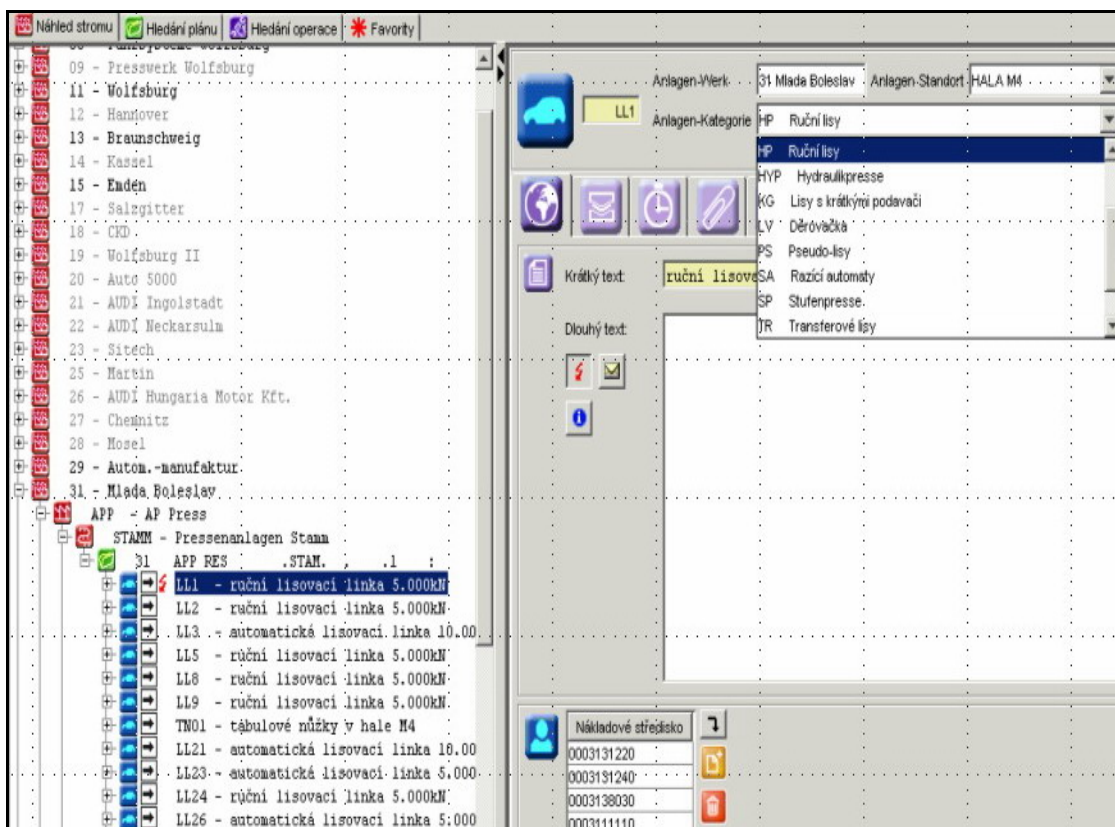
Hlavním účelem AP je **standardizace** zařízení a procesních operací. V koncernu VW byly nadefinovány standardy pro všechny zařízení a operace, aby se sjednotil výpočet výrobních časů a nákladů. Z toho vyplývá možnost porovnání jednotlivých závodů mezi sebou tzv. benchmarking, který může sloužit k rozhodování o místě výroby konkrétního dílu. A také k zefektivnění řízení výroby jednotlivých továren koncernu. Na obrázku 3.10 je výřez úvodního okna aktuální verze pracovního plánu AP 3.16 s procesními plány pro každý závod v koncernu.



obr. 3.10 Procesní plány pro jednotlivé závody

3.3. Kmenová data

Stammdaten jsou **kmenová data** koncernová a podniková. Koncernová kmenová data jsou systémová data, do kterých uživatel může jenom nahlížet. Tato data jsou zadávána hlavními administrátory přímo z koncernu a místní plánovací útvary je nemohou měnit, ale pouze používat. Existují různé třídy kmenových dat, které jsou klasifikované v položce systémy. Podniková kmenová data jsou definována plánovači v místních podnicích, popřípadě závodech. Všechna lisovací zařízení se nachází v takzvaném lisovacím kmeni (Pressenlagen Stamm), k nimž poskytuje jednoduchý a přehledný přístup náhled stromu. Zde na tomto obrázku 3.11 jsou vidět některé třídy kmenových dat, které plánovač přiřadí k zařízení např. LL1 Ruční lisovací linka. Klíčové označení **LL1** znamená lisovací linka číslo 1.



obr. 3.11 Kmen lisovacích zařízení

Podniková kmenová data:

- Umístění lisovacího zařízení – Anlagen Standort
- Věcně rozdělený čas – Verteilzeitzuschläge
- Provozní čas – pracovní doba (7,5 hodiny denně ve 3 směnách – Škoda Auto)

Termínem věcně rozdělený čas je myšlen čas, který není přímo spojen s výrobou – je označován ztrátový čas. Tento čas zahrnuje nárok na přestávky – zákonné, hygienické, sociální. Provozní čas a věcně rozdělený čas jsou nezbytně nutné pro výpočet výrobního času a analýzy (MTM analýza). Je evidentní, že každé lisovací zařízení musí být přiřazeno/umístěno do konkrétního závodu a haly. Na výběr jsou samozřejmě pouze haly definované jako lisovny.

Toto jsou koncernová kmenová data:

- Kategorie zařízení – Anlagen-Kategorie
- Platnost pracovních operací
- Nákladová střediska – Kostenstellenarten
- Typ parametru
- Jednotka parametru
- Hlavní skupiny materiálů
- Druh materiálu
- Typy nástřihů
- Typy pracovních operací a indexy
- Typ provozního prostředku

Jak již bylo zmíněno výše, koncernová kmenová data nemohou být měněna, ale pouze nahlížena a přiřazována k zařízením. K příloze ke kmenovým datům je založen list s konfiguračními daty. Tato data se nalézají přímo ve stromu zařízení a budou přidávána k jednotlivým dílům. Pro představu jsou těmito daty typy pracovních operací, parametry, vzorce, data paketů (balíků) a kvalita materiálu. Data paketů obsahují informace o rozměrech a hmotnostech balíků s nástřihy a jsou k dispozici pro výběr v kmenových datech zařízení. Každá tato položka může být doprovázena krátkým textem, který definuje, o jaká data se jedná.

Datové struktury, definice parametrů, koncernové tabulky jsou systémové položky přístupné z menu pod složkou klasifikace. Všechna koncernová data jsou k dispozici k náhledu pod složkou klasifikace.

Zde následuje popis některých tříd kmenových dat.

1. Typy pracovních operací a indexy

Všechny typy pracovních operací jsou archivované v koncernových kmenových datech. Tyto typy slouží při tvorbě plánu k definování nových procesních operací, které se připojují ke konkrétnímu zařízení. Na obrázku 3.12 se nacházejí některé typy operací i s indexy.

AF-Arten	Parameter	Formeln	Paket-Daten	Werkstoffgüte	Krátký te:
Název typu	Typ operace	Index op...	Klasifikace oper...		
F	Výroba	F1			stěhání nástahů
F	Výroba	F2			tvářovat díl
F	Výroba	F3	06		díl ručně uložit (hotový díl)
F	Výroba	F4			ruční výroba
F	Výroba	F5			mytí a "pasivace moxidem" (odmašťování)
F	Výroba	F6			mytí
F	Výroba	F7			mytí a odhroťování
F	Výroba	F8			automatizované laserování
I	Údržba	I1	AB		stavba palivových
I	Údržba	I2	AB		konstrukce strojů
I	Údržba	I3	AB		náhodná
I	Údržba	I4	AB		elektrika
I	Údržba	I5	AB		optimalizace
L	Logistika nástahů/ů	L1	71		transport svítky
L	Logistika nástahů/ů	L2	71		výměna svítky
L	Logistika nástahů/ů	L3	74		transport nástahu - vysokozdvizným vo
L	Logistika nástahů/ů	L4	70		transport nástahu - jeřábem
L	Logistika nástahů/ů	L5	70		transport nástahu - vlečkou /tahačem

obr. 3.12 Přiložená data

Pracovní operace jsou definovány názvem typu podle útvaru, který je za ně odpovědný – F výroba, L logistika atd. Konkrétní operace určují indexy (např. F1, L5) a jsou popsány krátkým textem.

2. Parametry a jejich jednotky

Existuje mnoho typů parametrů, které náleží do skupin. Skupina parametrů, vztahující se k zařízení, je definována vždy v kmeni zařízení. Například parametr APAF definovaný v kmenu příslušného zařízení pro pracovní operaci. Jednotky jsou také parametry, zde zkratka MA a znamená počet pracovníků. Dále se vyskytují parametry závodu – například faktor ztrátového času. Parametry vztahující se k dílům, které se určují teprve ve výrobním plánu dílu.

3. Kategorie zařízení

Kategorie zařízení (Anlagen-Kategorie) určuje typy výrobních zařízení v lisovně. Různé typy lisovacích zařízení jsou vidět ve výřezu obrázek 3.13. Lisovna obsahuje všechna lisovací a nástřihová zařízení daného závodu. Lisovací zařízení jsou jednotlivé lisy nebo lisovací linky, které se dělí podle tonáže/lisovací síly a lisovací linky dle mechanizace.

Anlagen-Werk: 31 Mlada Boleslav Anlagen-Standort: HALA, M4

Anlagen-Kategorie: HP Ruční lisy

HP Ruční lisy

HYP Hydraulikpresse

KG Lisy s krátkými podavači

LV Děrovačka

PS Pseudo-lisy

SA Razící automaty

SP Stufenpresse

TR Transferové lisy

obr. 3.13 Kategorie zařízení

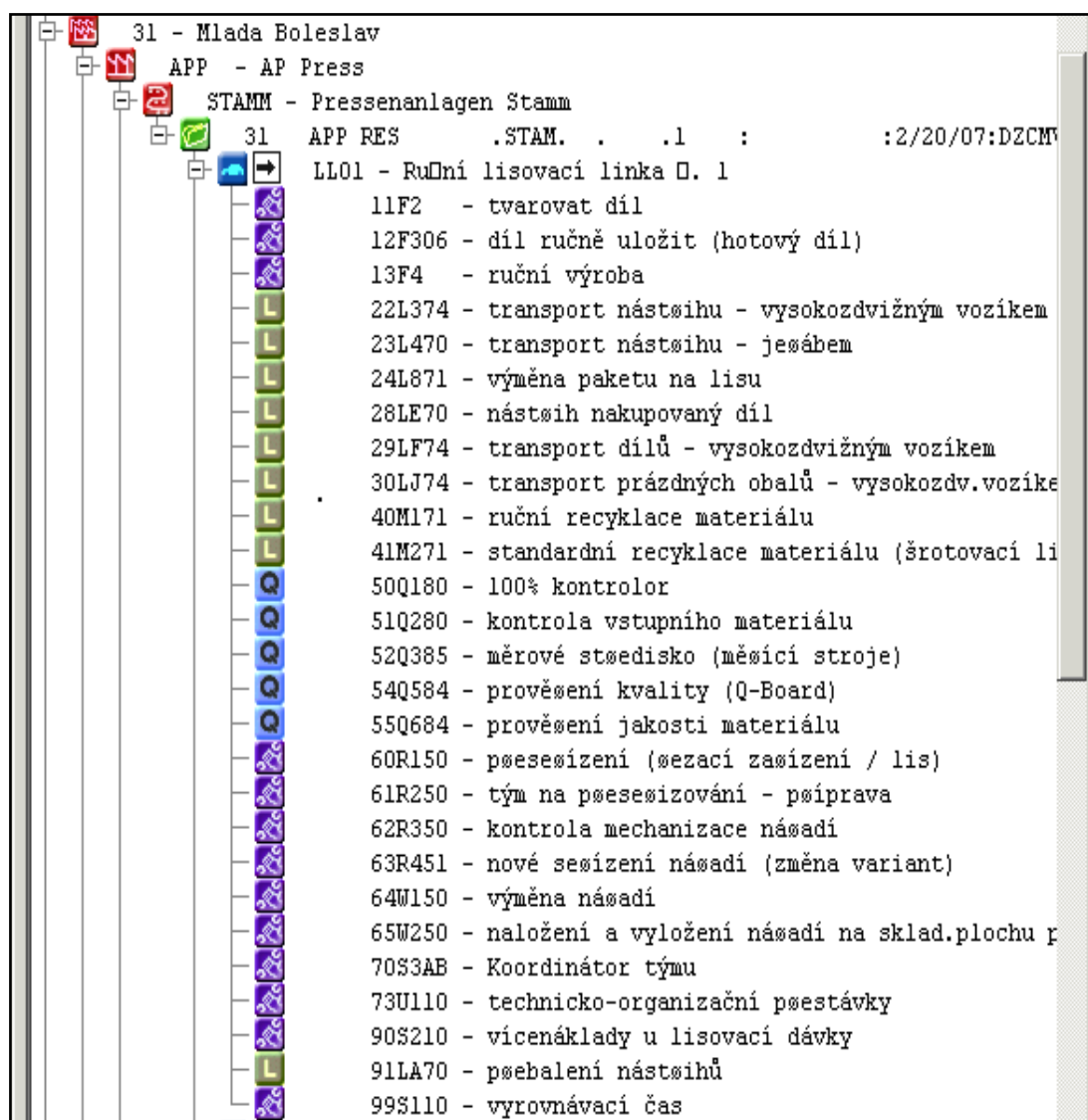
Podle tonáže existují:

- S - small (malé)
- M – medium (střední)
- L – large (velké)
- VL – very large (velmi velké)

Dělení podle mechanizace znamená způsob ovládání a transport výlisku. Například se jedná o ruční, přísavkové, transferové a robotizované způsoby mechanizace. Anlagen-Werk je továrna (závod), kde je umístěno toto zařízení a Anlagen-Standort je stanoviště zařízení, patřící do podnikových kmenových dat.

4. Rozdělení operací podle útvarů

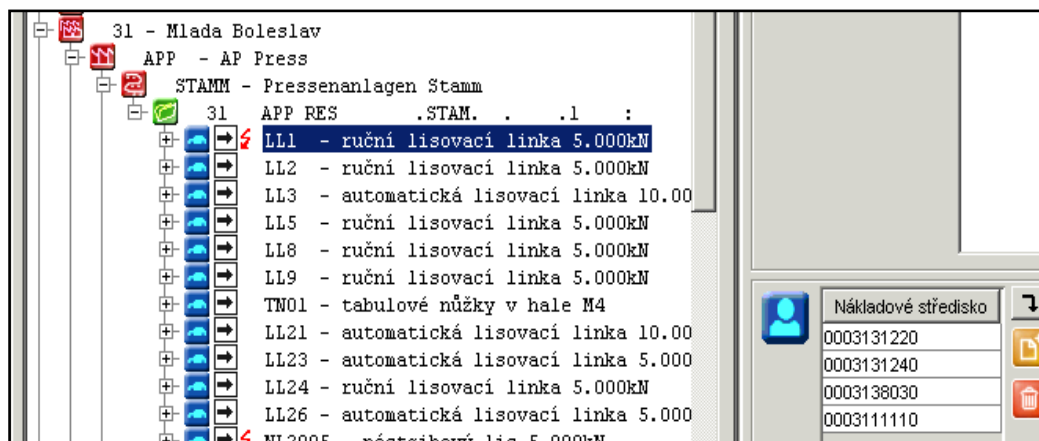
Do výrobního procesu lisování vstupují tři operace: výrobní **V**, logistická **L** a kontrolní **Q**. Tento systém musí tedy obsahovat funkční podporu pro všechny tyto operace. Zde je ukázka (obrázek 3.14) všech pracovních operací pro Ruční lisovací linku č. 1., přičemž operace jsou také kmenovými daty. Klíčové označení operace např. **11F2 – 11** je pořadové číslo operace a **F** (Fertigung) znamená, že se jedná o výrobní operaci. Tato operace se dále může dělit na kroky. Každá operace je definována krátkým i dlouhým textem. Krátký text je název operace a dlouhý text definuje technologický/pracovní postup.



obr. 3.14 Operace vykonávané na Ruční lis. lince č. 1

Každá operace také spadá pod jedno NS. Při vytváření výrobního plánu se pro zvolená zařízení vybírají požadované operace, které se dodatečně definují. Čas na operaci lze stanovit dvěma způsoby. Za prvé, pomocí vzorců a předdefinovaných parametrů pro úroveň závod, zařízení (kmenová data) a parametrů na úrovni dílu. Tímto způsobem se stanovuje tzv. výrobní čas, jehož hlavní nevýhodou je, že nelze stanovit nevytíženost pracovníka. Dalším způsobem je stanovení času pomocí MTM analýzy při níž lze zjistit nevytíženost jednotlivých pracovníků.

5. Nákladová střediska



obr. 3.15 NS ruční lis. linky

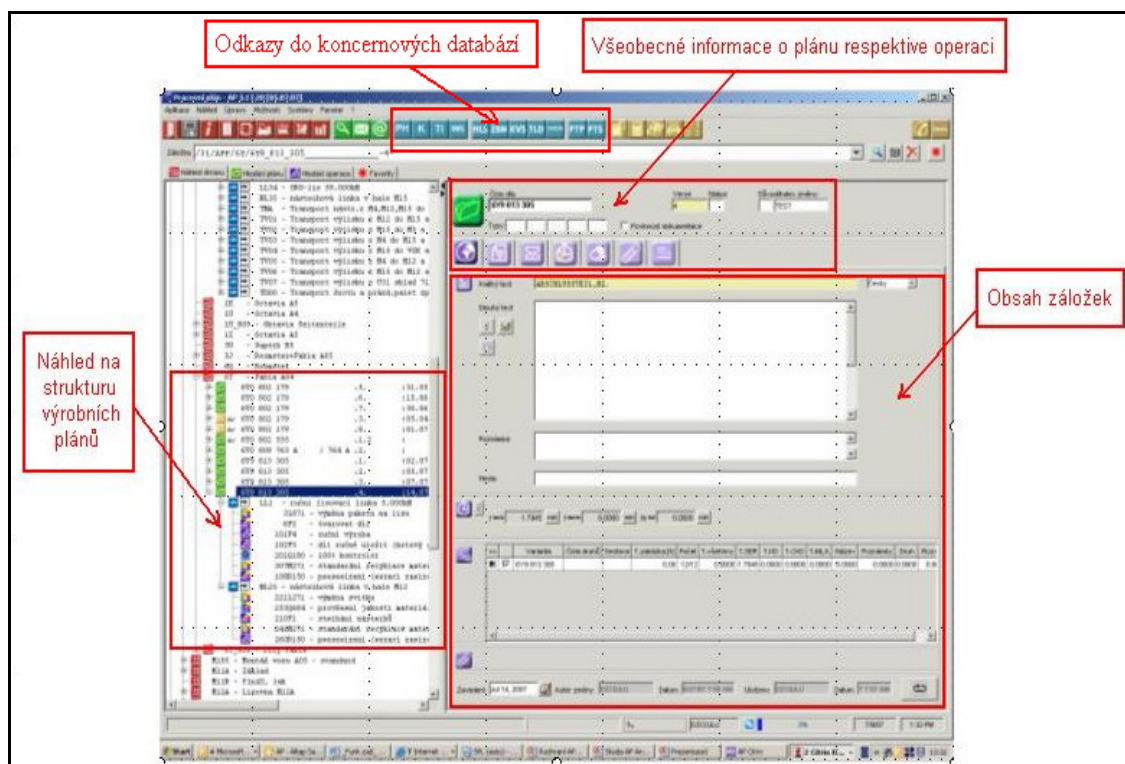
Nákladové středisko (dále jen NS) si lze představit jako organizační jednotku, která je definována svým jedinečným číslem, které je desetimístné. Tato organizační jednotka slouží pro evidenci nákladů, které jsou buď přímé (jednicové), režijní (ochranné pomůcky, brusivo), personální (mzdy), investiční (odpisy) a náklady na spotřebované energie (elektrická energie, zemní plyn, teplo, voda atp.). Každé zařízení musí náležet alespoň pod jedno NS, ale i pod více. Na rozdíl od zařízení musí mít operace právě jen jedno NS. Na obrázku č. 3.15 je uveden příklad nákladových středisek pro zařízení LL1 Ruční lisovací linka a první NS číslo 0003131220 znamená, že se jedná o závod Mladá Boleslav (první **31** zleva), další **31** definuje útvar (lisovnu) a poslední dvojčíslí **22** určuje konkrétní pracoviště lisovny.

6. Hlavní skupiny materiálů

Tato třída kmenových dat obsahuje všechny nutné parametry pro přesný popis výrobního materiálu. Všechny typy materiálu jsou zadávány centrálně z koncernu VW. Materiál je popsán materiálovou normou, rozměrovou normou a kvalitativní normou. Každý materiál má své interní číslo pro objednávání materiálu.

3.4. Výrobní plány

Přímo pod složkou AP Press se nacházejí výrobní plány jednotlivých typů vozů (Teile Familie) pro konkrétní závod. Pod jednotlivými typy vozů se nacházejí plány jejich dílů. Na obrázku č. 3.16 je struktura výrobních plánů, základní informace o plánu s ovládacími prvky pro přechod na další záložky.



obr. 3.16 Výrobní plány

Na tomto obrázku č. 3.17 jsou všeobecné informace o plánu, jako jsou číslo dílu, aktuální verze plánu a informace o změnách plánu. Jednotlivé záložky slouží plánovacímu oddělení k přesnému definování výrobního plánu daného dílu.



obr. 3.17 Informace o plánu

Obsah jednotlivých záložek:

1. Obecné informace
2. Postup/sled vytváření plánu
3. Všeobecná data – data plánu
4. Tabulka výrobních časů
5. Určení materiálu
6. Přílohy
7. Sledování změn

1. Záložka obecné informace obsahu je krátký text, což je název dílu a dlouhý text pro podrobnější popis dílu. Dále se zde nachází poznámka, kde se specifikují např. ochranné pomůcky a další náležitosti doplňující popis dílu nebo informace pro ostatní uživatele. Tyto údaje vyplní technolog zakládající projekt nového dílu.

2. Tato záložka slouží pro řízení jednotlivých fází nebo stádií plánování. Každý pracovník, účastník se plánování, zde předává práci, po ukončení své práce, zaškrtnutím příslušného políčka a kontaktováním následujícího člena plánovacího týmu. Je zde určen přesný postup plánování, který si určí technolog (plánař) zakládající plán pro nový díl. Podle běžného postupu nejdříve technolog vytvoří nový díl. Dále ten samý technolog určí zařízení, nástroje a výrobní operace s technologickým postupem potřebné k výrobě daného dílu. Potom předá práci dalšímu technologovi, který určí vhodný výrobní materiál. Nakonec práci převezme průmyslový inženýr, který určí výrobní časy. Tím plánování končí a projekt může být předán do výroby – sériovému technologovi. Zároveň přenese jednotlivé hodnoty parametrů pro materiál, operaci atd. do systému SK Zenta.

3. Obsahem této záložky jsou všeobecná data plánu načítaná z kusovníku. Pokud kusovník chybí, je nutno tyto informace doplnit ručně. Těmito daty jsou číslo a identifikace projektu, útvar zodpovědný za tvorbu tohoto plánu, o jakou sérii se jedná, pracovní operace AFO a platnost těchto dat. První série označovaná jako PV slouží

k ověření konstrukce, technologie (vyrobitelnost). Nultá série je předváděcí série pro novináře a marketing. Testovací a předváděcí etapa končí startem produkce SOP.

4. Obsah této záložky vyplňují průmysloví inženýři, kteří určují čas na jednotlivé operace. Existují dva způsoby stanovení času. První způsob je výpočet výrobního času pomocí předdefinovaných vzorců a parametrů relevantních k závodu, zařízení a dílu. Parametry pro závod a zařízení se přebírají z kmenových dat. Průmyslový inženýr stanoví tzv. T-parametry, což jsou parametry vztahující se ke konkrétnímu dílu. Nakonec se pomocí již zmíněných vzorců vypočte celkový výrobní čas na díl. Druhý způsob je určení standardního času pomocí MTM analýzy, což umožňuje určit nevytíženost jednotlivých pracovníků. Tento výpočet je klíčový pro optimalizaci využitosti (optimalizace využití pracovníků, posouzení zátěže pracovníka a s tím související rotace, přestávky).

5. V této záložce technolog vybírá vhodný typ materiálu definovaný v kmenových datech. Určuje se zde druh materiálu, rozměry, typy svitků a plechů potřebné k výrobě daného dílu. Materiál se vybírá podle jeho kvality, povrchové úpravy a skupiny materiálu – koncernová kmenová data. Je zde nutný také údaj o výrobním/lisovacím zařízení, aby bylo možné určit velikost svitku nebo data paketů. Tyto informace lze zjistit z kmenových dat příslušného zařízení.

6. Přílohy slouží k upřesnění, respektive doplnění technologických postupů. Konkrétně se jedná o video-sekvence, fotografie, zachycující konkrétní výrobní operace. Může se také jednat o fotografie kvalitativních standardů, uložení dílů v paletách atd. Přílohy může přidávat každý člen, podílející se na tvorbě výrobního plánu.

7. Poslední záložka slouží k evidenci veškerých změn provedených v plánu. Při každé změně plánu se vytváří nová verze, ale původní se zachovávají. Tyto změny mohou provádět pouze oprávnění plánovači nebo jimi pověřeni pracovníci. Pomocí sledování mohou být určena různá stadia zpracování, které jsou uvolněny přes příslušná oprávnění.

3.5. Tvorba výrobního plánu

Hlavním cílem systému AP Press je tvorba výrobního, respektive procesního plánu, což znamená popsání jednotlivých kroků výroby dílu včetně stanovení výrobního času a výrobních nákladů a jejich optimalizaci.

Proces vytváření plánu a jeho postupné zpřesňování začíná ve fázi uvolnění konstrukční dokumentace a končí fází ukončením výroby daného modelu, respektive dílu. Nedílnou součástí AP Press je aktualizace výrobního plánu na základě konstrukčních a technologických změn. Všechny tyto změny se promítnou do technologického kusovníku Techedit, který tvoří základní informační systém pro kalkulaci nákladů, objednávání materiálu atp. Vlastní vytváření plánu je rozděleno do několika fází. Jednotlivé fáze vlastník plánu definuje pomocí záložky číslo 2 obr. č. 3.17. V této záložce plánař (vlastník plánu) definuje postup vytváření a aktualizaci daného plánu. V systému lze nastavit jednotlivé role při jednotlivých fázích vytváření plánu. Role a s tím související kompetence mohou být vlastníkem plánu delegovány.

Pomocí možnosti kmenová data jsou zpřístupněna data všech zařízení a předdefinované pracovní postupy. Plánovač si tedy vybere z nabídky zařízení a postupů, které může editovat.

Základní role při tvorbě plánu:

1. Plánař (technolog) – zakládá, mění a ruší plán, také nakonec přenáší data plánu do Techeditu
2. Technolog (materiál) – stanovuje a mění materiál
3. Průmyslový inženýr (IE) – stanovuje a mění jednotlivé druhy času
4. Ostatní uživatelé – mají právo čtení a tisku

Tvorba nového plánu začíná založením/vytvořením nového dílu ve skupině dílů (Teilefamilie). Tento díl je nyní identifikovatelný podle svého jedinečného označení (poslední trojčíslí) a skupinového kódu. Nyní následuje výběr výrobního zařízení z kmenových dat. Do vytvořené podsložky se zkopírují všechna potřebná zařízení k výrobě dílu. Dále se pro každé zařízení přenesou jeho vybrané výrobní operace z kmenových dat. Zde se mohou vytvořit nové operace nebo jenom pozměnit technologický postup. Je také možné celý technologický postup doplnit ukázkovým

videem pro větší názornost – zaškolení zaměstnanců. Tímto je ukončena první etapa tvorby plánu a technolog, co tento plán založil, předává práci materiálovému technologovi.

V následující etapě se nejprve zadávají data plánu – všeobecná data. Tato data se načítají z kusovníku (ES) nebo se musí ručně vyplnit. Dále se určuje materiál – definuje se typ nástřihu (tabule, svitky, plech atd.), který musí pasovat k výrobnímu zařízení. Musí se také určit druh materiálu, povrchové úpravy, rozměry, hmotnost, jeho kvalita atd. – materiálové normy. Některé zde zadané hodnoty, jako jsou rozměry, počet dílů na jeden nástřih, se později použijí k teoretickému výpočtu posuvu.

V další etapě průmyslový inženýr stanovuje výrobní časy na operaci. Určuje také tzv. normu obsluhy – počet pracovníků na zařízení. Jsou dva způsoby, jak určit výrobní čas (F-Zeit). První metoda je určení výrobního času pomocí parametrů a vzorců. Druhá možnost je stanovení času pomocí tzv. MTM analýzy.

V poslední etapě Technolog, který plán založil, vytváří pracoviště. Ze systému HLS zvolí layout příslušné haly a vytvoří výřez. Tento výřez upravuje – rozestavuje palety – na nástřihy a výlisky, rozmisťuje pracovníky – obsluha lisů u ručních lis. linek a umísťuje roboty nebo transferové linky. Po té přiloží tento upravený výřez pracoviště k plánu a transportuje jej do Techeditu. Odtud většinou plán putuje k sériovému technologovi, který plány spravuje a upravuje podle požadavků z výroby.

Jak bylo naznačeno, celá tvorba plánu prochází několika etapami. Na procesu plánování se podílí v podstatě všechny útvary, bez ohledu na jakou část výroby jsou zaměřeny. Pomocí AP Pressu jsou jasně definované kompetence a je rozdělena práce pro jednotlivé útvary. Zlepšuje také komunikaci jednotlivých útvarů napříč celým koncernem a zkracuje plánovací proces. Tím, že se zavádějí standardizované technologické postupy, je možné porovnávat jednotlivé závody (z hlediska výrobního času, nákladů atp.) v koncernu. A podle potřeby přesouvat výrobu jinam, kde není plně využita výrobní kapacita nebo naopak je levnější výroba.

3.6. Ergonomická analýza

Ergonomická analýza v AP Pressu není prozatím implementována. Avšak AP ji už obsahuje, a tak bude v nejbližší době do AP Pressu přenesena. Bohužel je to jenom

textový popis zátěže pracovníka při různých operacích, na rozdíl od propracované 3D simulace pracovních operací člověka na pracovišti (Delmia/UGS Human). To znamená, že se ergonomie a vyhodnocení zátěže posuzuje až na zrealizovaném pracovišti, kde již není jednoduché a někdy ani možné provést změnu.

Hlavní pozornost je kladena na držení těla, potřebnou sílu úchopu a námahu spojenou s přemísťováním břemen. Různé způsoby držení těla (sezení, stání, chození, klečení a podřep) se určují jako procentní podíl z výrobního času (F-Zeit) operace (AFO). Síla úchopu se vztahuje na sílu paže, dlaně a prstů. Všechny namáhavé pohyby (ohýbání se, práce s rukama nad hlavou, práce v pokleku atd.) a s tím spojené přemísťování břemen se vyhodnocují jako zátěž. Je samozřejmě prioritní zatížení zaměstnanců co nejvíce snížit úpravou jejich pracovního prostředí a vhodnou volbou pracovních pomůcek.

Zohledňuje se také čistota pracoviště – hlučnost, prašnost atp. Ze všech těchto údajů pak vyplývají nároky na přestávky a případně i rotace zaměstnanců na jednotlivých pracovištích.

obr. 3.18 Ergonomická analýza

3.7. Vytížení zaměstnanců

AP Press počítá vytížení zaměstnanců pomocí MTM analýzy. Tato analýza spojuje časové a pohybové výzkumy s normováním spotřeby času pomocí normativů pohybů. Každá pracovní operace je rozložena do elementárních pohybů, přičemž každému elementárnímu pohybu je přiřazena doba jeho trvání. Na obrázku 3.19 jsou vidět všechny elementární pohyby, tvořící pracovní operaci – díl ručně uložit. Ke každému elementárnímu pohybu je přidělen čas (doba jeho trvání) a výsledný čas operace je jejich součtem.

The screenshot shows the MTM analysis software interface. At the top, there are input fields for 'Důvod změny:' and 'Příčina změny:'. Below these are several icons representing different functions. The main area displays the 'Krátký text:' field with the value 'díl ručně uložit (hotový díl)'. Below this, there are fields for 't serie', 't sest', 'tb > bal', and 'Index: záznam'. The 'Index: záznam' field is set to 'V P U'. Below these fields, there are buttons for 'Tarifklasse' and 'Berufnummer'. At the bottom, there is a table with columns: '>Lfd.Nr', '>Beschreibung', '>Code', '>R', '>tg', '>n', '>tg * n', and '>te'. The table contains six rows of data representing elementary movements.

>Lfd.Nr	>Beschreibung	>Code	>R	>tg	>n	>tg * n	>te
1	UCHOPENÍ LEHKÉ 2 RUCE 45CM	2000ALZ45..4		0.0126	1	0.0126	0.0126
2	UMÍSTIT 2 RUCE PŘIBLIŽNĚ 30CM	2000PUZ30..4		0.0078	1	0.0078	0.0078
3	PREHMATNUTÍ PRO LEPSÍ CINNOST	2000GNV....4		0.0036	1	0.0036	0.0036
4	VAHOVÝ CASOVÝ PRÍDAVEK PRO 1KG	2000GGZ....4		0.0006	2	0.0012	0.0012
5	NATOCENÍ MALE <90	2000GDK....4		0.0024	1	0.0024	0.0024
6	UMÍSTIT 2 RUCE PŘIBLIŽNĚ 45CM	2000PUZ45..4		0.0102	1	0.0102	0.0102

obr. 3.19 MTM analýza

3.8. Tvorba/editace layoutu

Grafický editor není doposavad v AP Pressu integrován. Systém AP ho již obsahuje, a tak bude v nejbližší době přenesen. V dnešní době se vytvářejí layouty lisovacích hal v Microstationu a ukládají se do HLS, kde se mohou dále upravovat. Již existuje SW rozhraní z AP Press do HLS, pomocí kterého lze načítat pohledy na pracoviště, případně celé layouty hal.

4. Porovnání s dalšími, již existujícími systémy

4.1. Popis systému Delmia

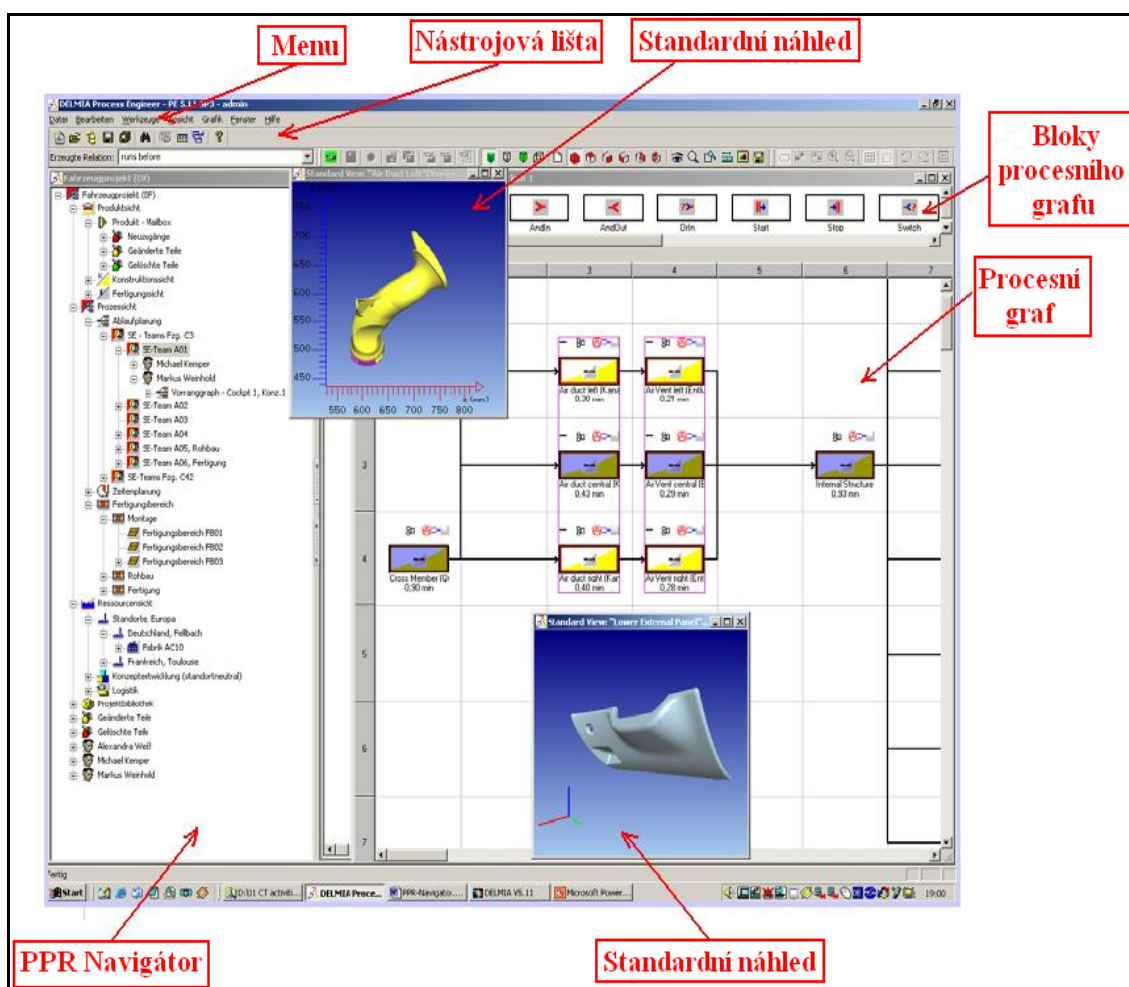
Delmia je klíčovou komponentou systémů Dassault Systemes' 3D vision. Řešení Delmia poskytuje návrh virtuálního výrobního prostředí pro optimalizaci produkce, dříve než je přikročeno k fyzické realizaci výroby. Dovoluje výrobcům v libovolném průmyslu (automobilový, lodní, letecký atd.) virtuálně definovat a také řídit všechny plánovací, výrobní, logistické a měřicí procesy. Od raného procesního plánování přes montážní simulaci, modelování svářecích linek nebo programování robotů a manipulátorů ke kompletní definici produkčního zařízení a vybavení, Delmia pomáhá společnostem k dosažení jejich cílů. Řešení Delmia se specializuje na plánování a simulaci výrobních postupů složitých a komplexních výrobků jako jsou lodě, automobily, letadla atd., přičemž nabízí pro každou průmyslovou oblast specializované produkty. Na obrázku 4.1 je komplexní řešení PLM od firmy Dassault systemes' 3D vision nazvaný Powertrain.



obr. 4.1 Delmia Powertrain

4.1.1. DPE

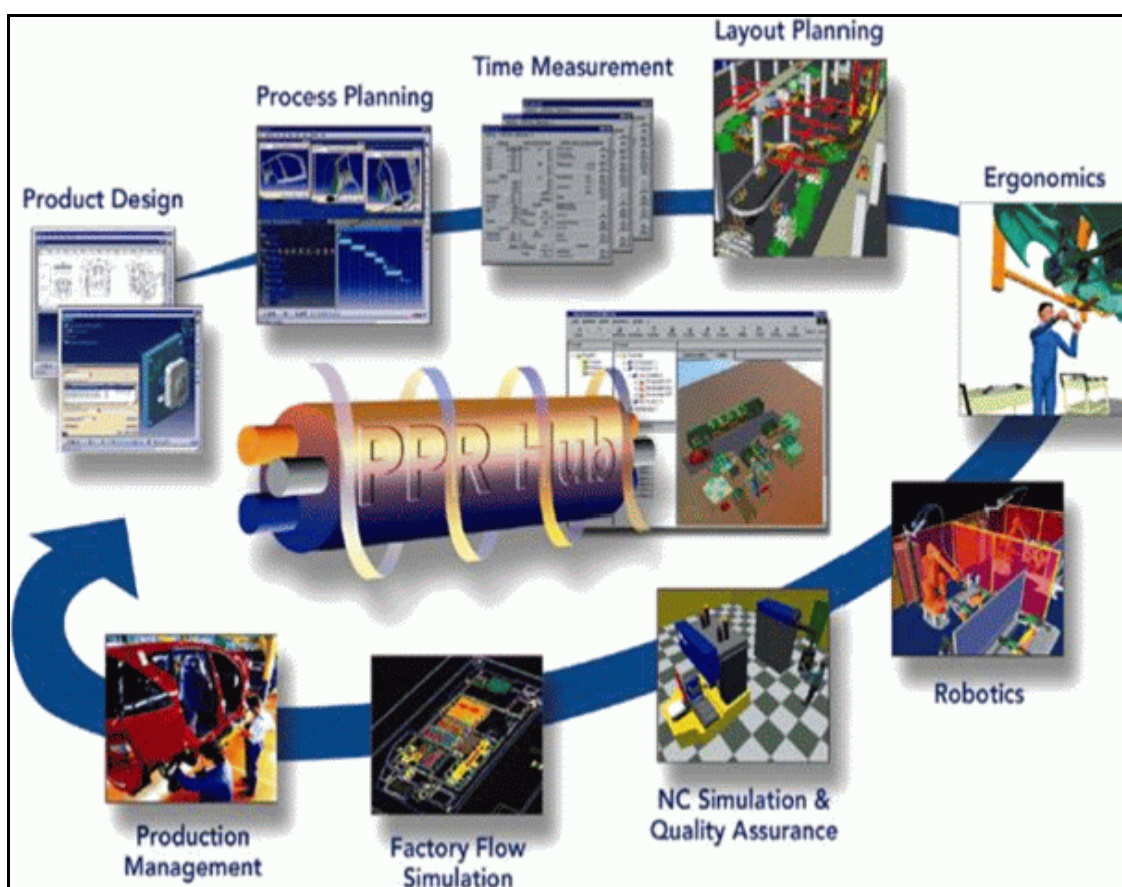
DPE neboli **Delmia Process Engineer** je systém pro podporu výrobního procesu. Tento SW obsahuje metodickou podporu pro strukturované plánování, včasné rozpoznání chyb již v návrhu a použití osvědčených postupů. PE je navržen pro plánování produktu od koncepčního návrhu přes plánovací stadia až po výrobní fáze, jako alternativa k již prověřeným stávajícím výrobním postupům. Komplexní přístup k vztahům mezi produktem, technickým procesem a výrobními zdrojovými daty, zahrnující plán pracoviště (2D a 3D), simulaci výrobních postupů (L, Q, V, M). To vše pomáhá vyhnout se chybám při plánování výroby. Získáváme podrobný přehled o plánovaném průběhu výroby a potřebných nákladech, výrobním prostoru a výrobní síle.



obr. 4.2 Delmia Process Engineer

4.1.2. PPR Hub

PPR Hub je datový model, který mapuje celý obsah návrhu DPE a všechny logické relace mezi procesními, produkčními a zdrojovými daty. Integruje data používaná procesními plánovači, výrobními inženýry a plánovači výroby, plánovači zařízení (budovy + vybavení) a průmyslovými inženýry. Všechny položky nesoucí potřebné informace o integrovaném produktu a procesním inženýrství se nalézají v PPR Hubu.

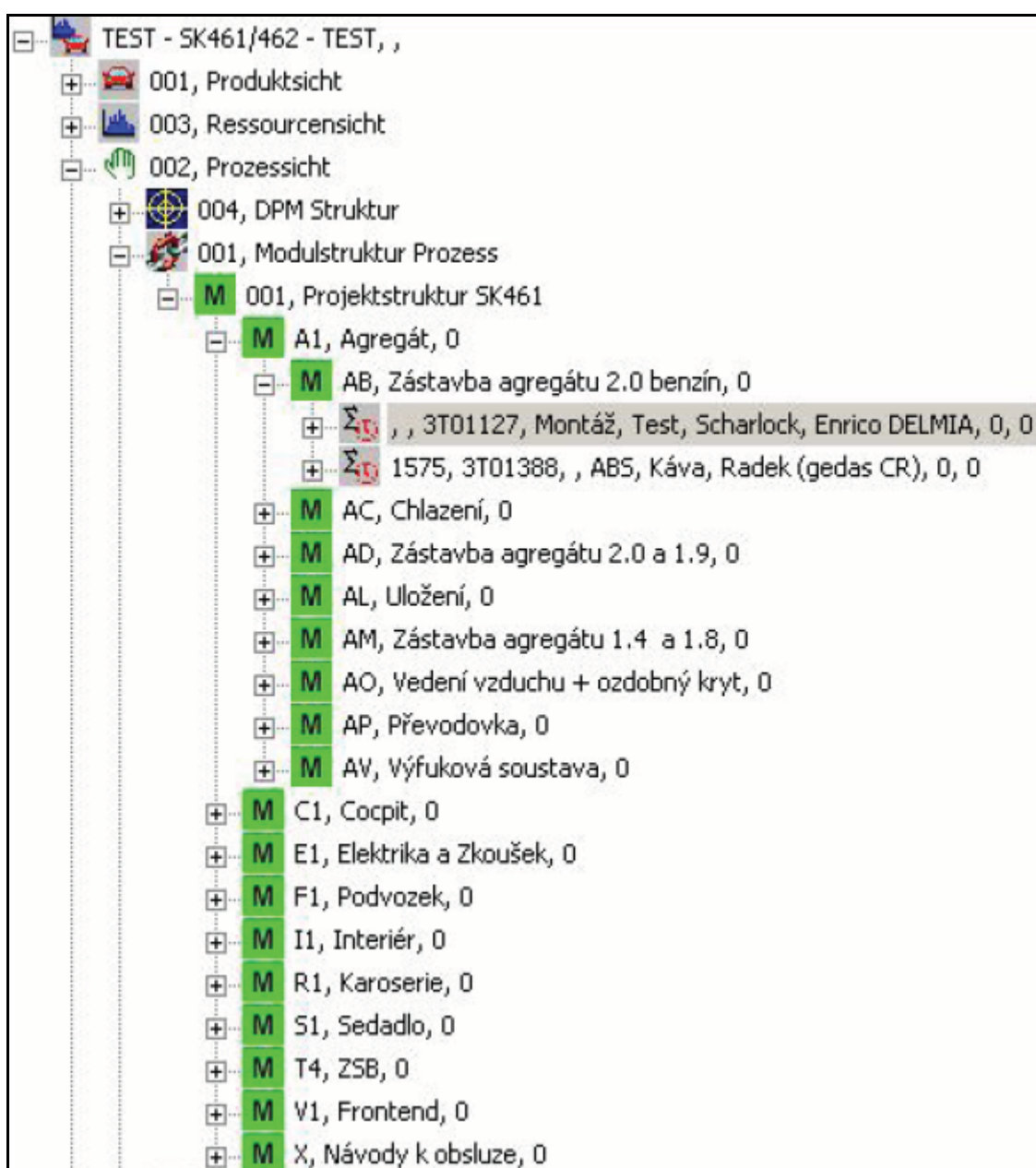


obr. 4.3 Delmia PPR Hub

Tento PPR Hub může být upraven tak, aby vyhovoval všem firemním - specifickým požadavkům a dokumentoval plánovací historii projektu. Podporuje souběžnou práci více uživatelů najednou a dává uživatelům přímý přístup k nejnovějším platným datům, což eliminuje nadbytečnou práci nebo použití zastaralých dat. Doplnkové funkce jsou poskytovány od společnosti Delmia nebo mohou být přímo napsány uživateli jako skripty. Skripty mohou být napsány v programovacích jazycích Java, C++ a VisualBasic.

4.1.3. PPR Navigator

PPR Navigator umožňuje strukturování (projektová struktura) a rychlou orientaci (navigaci) mezi procesy, produkty a zdroji. PE a PPR Hub může být jednoduše nakonfigurován a propojen s existujícími firemními informačními a výrobními systémy. Produkty, procesy a zdrojová data mohou být strukturována v PPR Navigátoru vzhledem k firemním požadavkům. Toto zaručuje vysoký stupeň transparency, konsistence a rychlý přístup k datům během celého plánovacího cyklu. Obrázek 4.4 ukazuje stromovou strukturu navigátoru.



obr. 4.4 PPR Navigator

Jednotlivé položky PPR Navigátoru jsou objekty, vybrané z celé databáze podle určitých kritérií. Produktsicht, Prozessicht a Ressourcensicht jsou pohledy (náhledy) na vybrané podmnožiny produktů, procesů a zdrojů. V rámci pohledů se objekty dělí na technické a organizační. Technické objekty popisují plánovací prvky (pracovní kroky, výrobní prostředky, ...), kdežto organizační objekty popisují projektové strukturální prvky (struktura továrny, oddělení, struktura plánování, ...). Technické objekty se také nazývají technické strukturní prvky a lze pod nimi zakládat další objekty. Organizační objekty označované jako organizační strukturní prvky slouží k zobrazování plánovací, procesní a výrobní struktury v rámci projektu. Vztahy (relace) mezi jednotlivými položkami (objekty) PPR jsou vytvářeny pomocí přetahovací metody Drag & Drop.

Vlastnost PlantTypeSet obsahuje šablonu pro strukturování a hierarchii PPR navigačního stromu. To umožňuje přizpůsobení projektu tak, aby se daly přidávat nové atributy (vlastnosti) k stávajícím plánovacím typům a mohly být dále doplňovány uživateli během plánovacího procesu.

Procesní pohled umožňuje plánovačům tvorbu technického plánu v rámci založeného projektu. K tvorbě technického plánu se pojí nastavení příslušných filtrů pro stanovení času, který je nezbytný při výpočtech pracností ($F\text{-Zeit}$ = výrobních časů). Tyto filtry se týkají hlavně časové platnosti pro díly, operace atd. Jsou zde samozřejmě také filtry PPR, které slouží pro výběr konkrétního produktu, procesu a zdroje. Dále se vytváří nebo upravují VD hodnoty a definice, což jsou označení, která jasně definují výrobní operace. Při vytvoření VD hodnoty se automaticky vytvářejí čtyři VD definice, přičemž dvě definice souvisí s kalkulačním modelem a jsou zahrnuty v protokolu o výrobním čase (F-Zeitbericht). Druhé dvě vstupují jako časy do modelu hrubého taktování. Dále je možné vytvářet nebo upravovat AFO (výrobní operace). Součástí výrobních operací jsou pracovní návodky, postupy a k nim přiřazené časy. Tento procesní pohled obsahuje skripty pro již zmíněný výpočet pracností.

Produktový pohled vytváří náhled na všechny produkty v založeném projektu. Produkty, což jsou součásti nebo montážní skupiny, jsou vidět v modulovém pohledu nebo SET skupině. Tyto vyráběné díly lze jednoduše propojit s AFO, vytvořené v procesním pohledu, pomocí metody Drag & Drop. Zde se definují všechny atributy

produktových prvků, to znamená název, číslo dílu, příslušnost ke skupině, takt, hmotnost, rozměry atd.

Zdrojový pohled umožňuje vytvářet a upravovat prvky spojené s plánováním. Je možné zde vytvářet layout, spravovat výrobní prostředky a rozmísťovat materiál. Slouží také k alternativnímu plánování a hrubému taktování linek.

Komplexní, uživatelsky volitelná možnost konfigurace DPE umožňuje přizpůsobení projektových vlastností.

- Adaptace uživatelského prostředí a názvosloví (terminologie).
- Odvození vlastních objektových typů.
- Jednoduché přizpůsobení vzhledu dialogů
- Modifikace vlastností, uskupení a stránkování v Property Window.

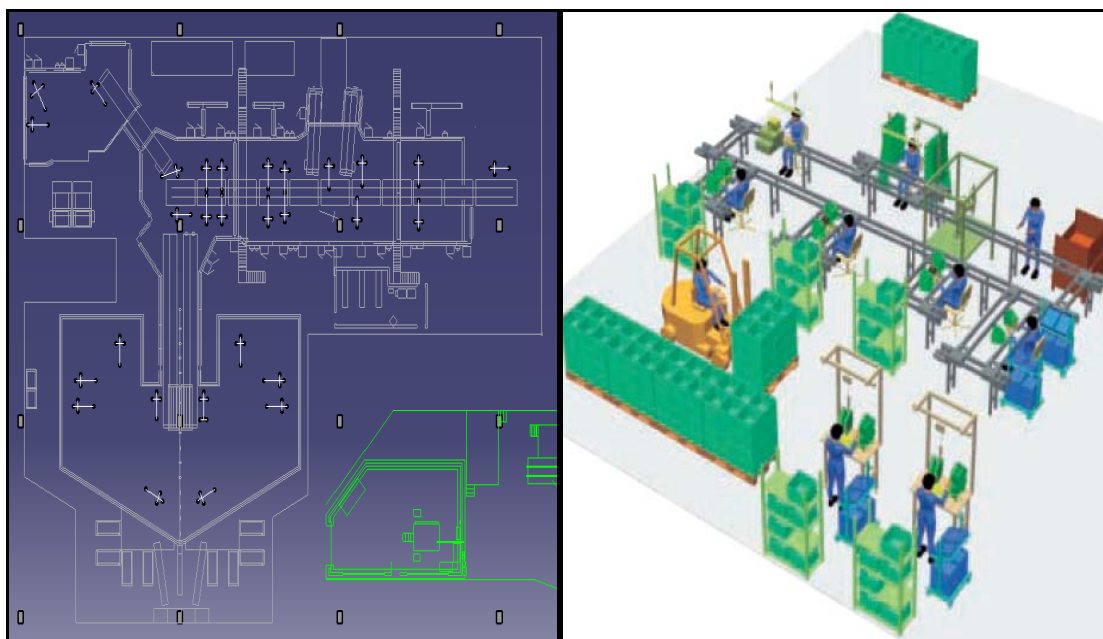
4.1.4. Moduly DPE

Součástí PE jsou moduly určené pro návrh konkrétních provozů a pracovních stanovišť. Celý koncept je založen na již existujících CAD datech a PDM systémech. Přístup k těmto datům je zajištěn přes konfigurovatelná rozhraní. Integrace do PDM systémů je založena na PPR Loaderu, který umožňuje importovat/vnášet soupisky materiálu a různé produktové struktury. Umožňuje interpretaci speciálních struktur a vlastností/atributů načítaných z rozličných PDM systémů, čímž je činí přístupné pro PPR Hub. Plánování procesů a zdrojů předpokládá/odhaduje směnové modely, mzdové skupiny a s tím spojená data vztahující se k dlouhodobé produkci, která jsou použita následně k ohodnocení zdrojů. Všechna procesní data a analýzy slouží k vytvoření výrobního konceptu produktu (**Manufacturing Concept**) a virtuálnímu modelu výroby (layout).

1. **Procesní graf** – je zobrazen jako prioritní/přednostní graf, moduly a montážní kroky produktu jsou načrtnuty. Je to jenom hrubý odhad/nastínění modelu budoucí výroby s ohledem na dostupná řešení, která definují nepostradatelné procesy a výrobní specifikace. Procesy jsou navzájem provázány se svými předchozími, následujícími i paralelními verzemi. Mohou být strukturovány hierarchicky nebo

kombinovány ve skupinách. Jsou základem časových, kvalitativních a ergonomických analýz. Ověřené procesy mohou být uloženy a připraveny pro další použití při plánování. Ukázka procesního grafu je na obrázku 4.2. Procesní graf je páteří finálního výrobního konceptu.

2. **Plánování Layoutu** – PE obsahuje integrované grafické prostředí – grafický editor pro tvorbu pracovních stanovišť. Vytváří se zde jednoduché plošné layouty (poziční plánování), ale také lze přetvářet schematický výrobní koncept v plně trojrozměrný layout obr. 4.5. Tento modul je součástí zdrojového plánování (Resource planning) a obsahuje knihovny často užívaných komponent/vybavení ve výrobním průmyslu. Je nezbytným předpokladem pro realizaci ergonomické analýzy.



obr. 4.5 Layouty pracovišť

3. **Časové analýzy/Měření času** – obsahuje klasické/standardní časové analýzy. Základem je MTM analýza a její alternativy. Je možné vytvářet uživatelské datové karty a vzorce ovlivňující procesní časy. Specialitou je analýza pomocí datových karet, která umožňuje vytvářet popisy pracovních kroků/sekvencí pro ruční a částečně automatizované pracovní stanice. Pracovní kroky jsou reprezentovány grafickými datovými kartami spojenými s časovými parametry (např. délka sekvence).

Časové analýzy mohou být přímo propojené s 3D layouty pracovišť obrázek 4.6. Na místo práce s datovými kartami se zde pracuje s virtuální simulací pracovních stanovišť. Jedná se tedy o plně vizualizovaný pracovní postup při tvorbě produktu.



obr. 4.6 Simulace výrobní linky karosérií

4. **Výrobní plány** – jsou propojeny s časovou analýzou. Jsou vlastně výsledkem jednotlivých analýz (časová, ergonomická atd.) a procesního plánování. Tvoří se zde výrobní plány pro navrhované produkty. Vytváří se zde také textové technologické postupy pro pracovníky.

5. **Ergonomická analýza** – slouží plánovačům k ohodnocení pracovišť a případnému přizpůsobení jejich layoutů. Vytváří se zde lidské modely s ohledem na pohlaví a antropomorfní rysy. Tyto modely pomáhají rozmístit materiál a nářadí tak, aby průměrný člověk neměl potíže s jeho dosažením a používáním. Také pomáhají odhalit pro pracovníky potenciálně nebezpečná místa na pracovišti.

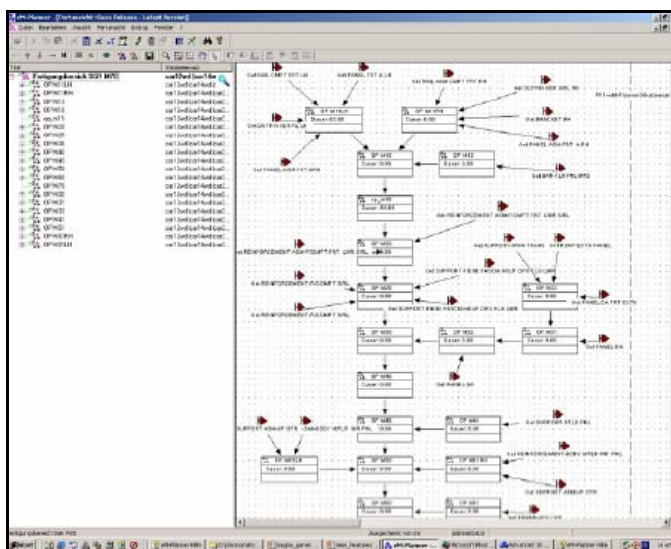
Řešení Delmia poskytuje vynikající nástroje pro řízení životního cyklu produktu PLM, avšak za velmi vysokou cenu licencí jednotlivých modulů. Delmia byla primárně určena pro návrh montážních linek a podporu plánování složitých montážních operací. Dnes však již obsahuje propracované nástroje i pro jiné etapy životního cyklu produktu, jako jsou svařovna, lakovna atd. Postrádá ale nástroje pro digitální přípravu formování výlisku (umform simulace). Na problematiku lisování a tvorbu výlisku se nijak speciálně nezaměřuje.

4.2. Popis systému UGS Tecnomatix

Produkty Tecnomatix se zaměřují na plánování, simulace a řízení výrobních procesů. Jedná se o komplexní řešení s názvem **eM-Power**, které se primárně zaměřuje na plánování výroby a optimalizaci procesů. Jedná se o modulové řešení, kdy jednotlivé moduly mohou sloužit samostatně nebo vytvářet celek – virtuální prostředí. Rozsáhlé portfolio modulů optimalizuje procesní plánování, simulace procesních průběhů, tovární layouty, ergonomii pracoviště a umožňuje propojení s ostatními IS. Urychluje a zlevňuje plánovací etapu nových produktů.

4.2.1. eM-Planner

eM-Planner je základním nástrojem systému Tecnomatix potažmo eM-Power pro tvorbu procesních plánů obrázek 4.8.



obr. 4.8 eM-Planner

Během etapy plánování nových dílů se vytváří vazby mezi dostupnými zdroji a operacemi. Aplikace obsahuje nástroje pro tvorbu časových analýz, nahlížení modelů a tvorbu schémat a grafů. Díky rozmanitosti funkcí a nástrojů je možné eM-Planner využít pro plánování montáže, logistiky atd.

4.2.2. eM-Server

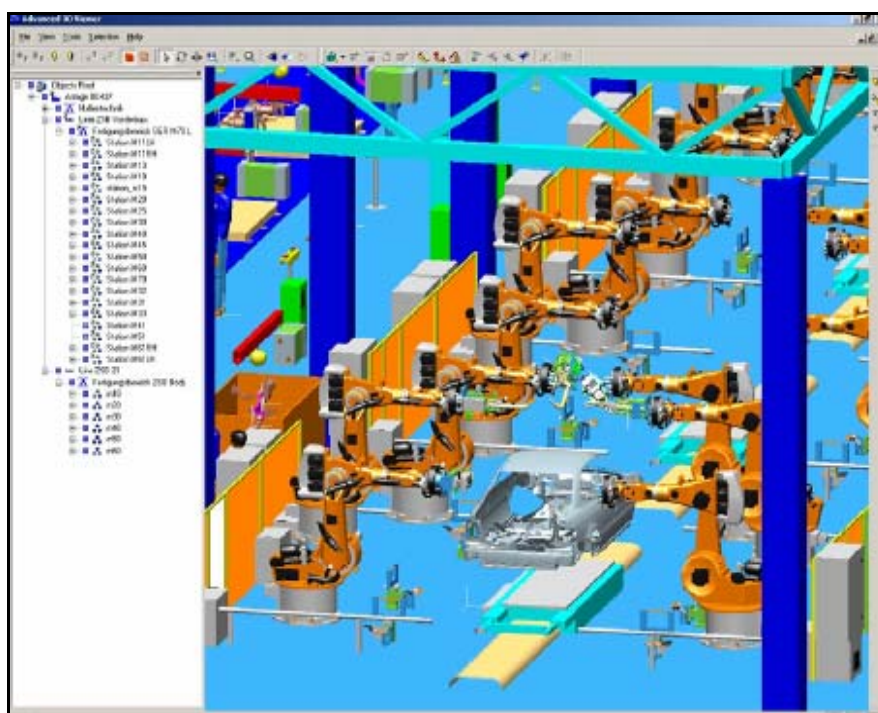
eM-Server je technologické jádro eM Power, zajišťující správu tzv. eBOP. Je to soupis nebo také kusovník procesů, kde jednotlivé položky jsou elementy výrobního procesu.

4.2.3. eM-Engineer

eM-Engineer je aplikace zaměřená na různé problematiky plánování. Hlavním principem jsou simulace a analýzy s využitím 3D modelů. Jednotlivé moduly jsou zaměřené na odhalování a řešení kolizí robotů, řešení problematiky svařování, ergonomie, montážními postupy a řízením výrobních linek.

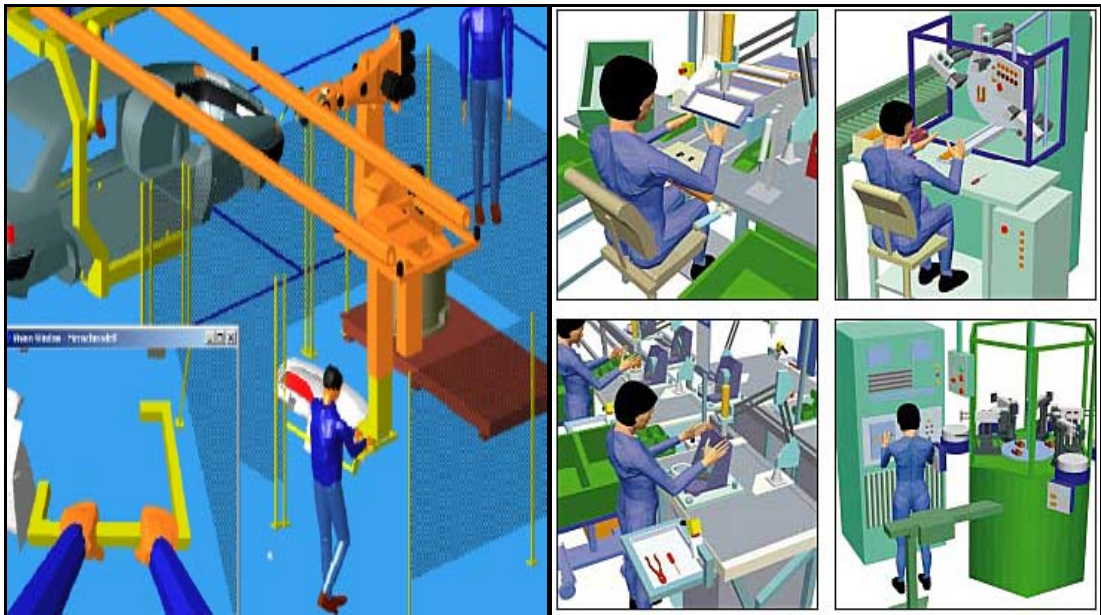
Jednotlivé moduly:

- **eM-Workplace** – simulace a řešení kolizních stavů robotů



obr. 4.9 eM-Workplace

- **eM-Human** – řešení ergonomie pracoviště

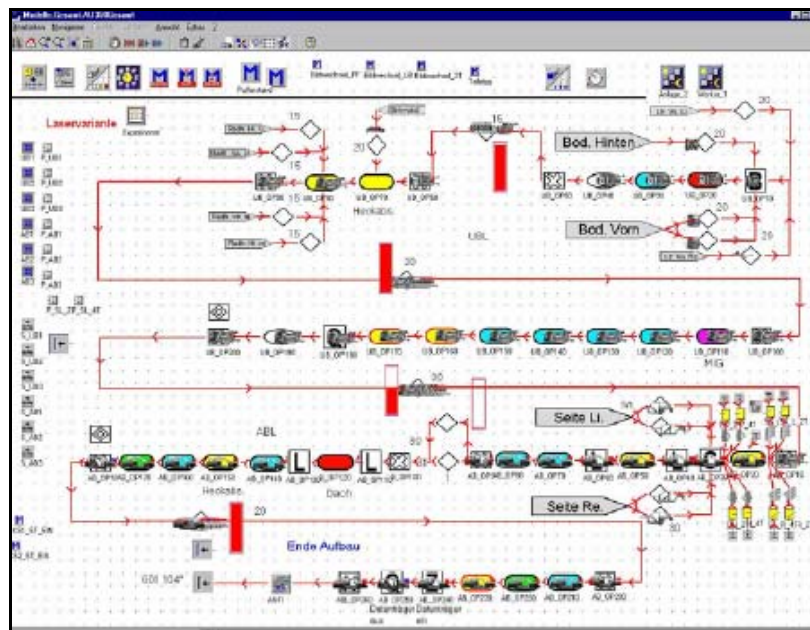


obr. 4.10 eM-Human

- **eM-Assembler** – optimalizace montážních postupů
- **eM-Weld** – řešení problematiky svařování
- **eM-PLC** – simulace a propojení s PLC automaty Siemens pro řízení výrobních linek

4.2.4. eM-Plant

eM-Plant slouží k simulaci materiálových toků, propustnosti a taktování výrobních linek. Simulační modely berou v úvahu interní i externí zásobovací řetězce, produkční zdroje a umožňují analyzovat výsledky různých produkčních variant. Systém umožňuje nastavit různé varianty materiálových toků, přičemž lze dynamicky ovlivňovat probíhající simulace.



obr. 4.11 eM-Plant

4.2.5. Další moduly

- **eM-Reports** – příprava a prezentace hlášení, grafů, tabulek
- **eM-Instructions** – tvorba pracovních postupů s grafickou instruktáží
- **eM-Quality** – monitorování kvality
- **eM-Paint** – zabývá se problematikou optimální trajektorie při lakování

Řešení Tecnomatix stejně jako Delmia obsahuje prvotřídní nástroje pro tvorbu a ověření procesních plánů. Bohužel stejně jako Delmia jsou jednotlivé licence modulů velmi drahé. Ani systém Tecnomatix neobsahuje specializovaný modul na problematiku lisování.

4.3. Srovnávací tabulka systémů

V předešlých kapitolách jsme popsali hlavní funkce a možnosti tří systémů (AP Press, Delmia, Tecnomatix). Pro zjednodušení a zpřehlednění porovnání těchto systémů je vytvořena tabulka 4.12 s vybranými funkcemi a s nimi spojenými náklady. Výběr byl omezen na ty položky, které jsou k návrhu virtuální lisovny a tvorbě procesních plánů potřebné.

Funkce, náklady	AP Press	UGS Tecnomatix	Delmia
Výrobní plán	+	+	+
Procesní plán	+	+	+
Ergonomická analýza pracoviště	+	++	++
Vytížení pracovníků	+	+	+
Časová analýza	+	+	+
Simulace materiálových toků	-	+	+
Vytížení strojů	+	+	+
Simulace - změna parametrů výrobního plánu	+	+	+
2D, 3D layout pracoviště	+	+	+
Rozhraní do koncern. systémů (KVS, ES, atd.)	+	-	-
Simulace lisování (umform simulace)	-	-	-
Kinematická analýza pohybu výlisku	-	-	-
Databanka lisovacích zařízení - technické parametry, 3D, 2D pohledy	-	+	+
Rozhraní do CAD systémů	-	+	+
Náklady na realizaci, licenci	+	--	--
Náklady na provoz	+	-	-
Další rozvoj - kdo vlastní Know How	++	-	-

tab. 4.12 Srovnání systémů

Z tabulky 4.12 je patrné, že pokud se týká tvorby výrobního a procesního plánu, je AP Press zdatným soupeřem své konkurenci. Obsahuje potřebné analýzy vytížení pracovníků a strojů a umožňuje simulaci změn parametrů výrobního plánu. Jeho největší slabinou oproti konkurenci je chybějící databanka lisovacích zařízení a potřebná rozhraní do CAD systémů. Další slabinou je pouze textový popis zátěže pracovníků při pracovních operacích. Ergonomická analýza se tedy provádí až na reálném pracovišti, kdy již není dostatek místa ani času k zjednání nápravy případných chyb. Delmia i UGS obsahují propracovanou ergonomickou analýzu (Human) v plně virtuálním prostředí, což umožňuje odhalení chyb již v etapě návrhu pracoviště.

4.4. Nástroje DF potřebné v jednotlivých etapách plánování

Proces plánování a přípravy výrobních procesů prochází následujícími etapami. Zde jsou v tabulce číslo 4.13 dostupné nástroje od tří konkurenčních firem, nabízející svá řešení pomocí DF pro plánování lisovny.

Etapy plánování:

- Příprava zdrojů
- Plánování
- Ověření
- Zpracování výsledků

Plánovací nástroje	Delmia	Tecnomatix	AP Press
Výrobní zařízení	Process Engineer	eM-Planner	AP Press
Výrobní prostory			
Dostupné technologie			
Lidské zdroje			
Energetické zdroje			
Definování pracovišť	Process Engineer	eM-Planner	AP Press
Přiřazení dílů sestav			
Přiřazení operací			
Přiřazení výr. zařízení			
Přiřazení lidských zdrojů			
Přiřazení energet. zdrojů			
Příprava layoutu			HLS, Microstation
Simulace mater. toků	Process Engineer, Quest	eM-Plant	prozatím chybí
Prostorová simulace	Quest	eM-Workplace	prozatím chybí
Časová analýza	Process Engineer	eM-Planner	AP Press
Ergonomická analýza	Human	eM-Human	
Hlášení (Reporty)	Process Engineer	eM-Planner	AP Press
Prezentace			
Pracovní postupy			
Layouty			HLS, Microstation

tab. 4.13 Možnosti pokrytí plánovacích činností produkty DF

4.5. Odhadované počty licencí na nástroje DF a ekonomická analýza

V předchozí kapitole 4.4 byly uvedeny dostupné SW nástroje DF pro jednotlivé etapy plánování. Nyní bude naznačen počet potřebných licencí jednotlivých produktů DF a to pro nasazení v lisovně ve firmě Škoda Auto a.s. Naše propočty a předpoklady vychází z koncepční studie zpracované pro Škodu auto [4].

4.5.1. Předpokládané počty licencí

Počty licencí tabulka 4.14 navrhovaných pro podporu plánování virtuální lisovny.

Funkce (prostředky)	Počet licencí
Plánování výrobních procesů	40
Layout	10
Simulace materiálových toků	6
Prostorové simulace	10
Ergonomická analýza	6
Postupy, reporty, prezentace	15

tab. 4.14 Předpokládané počty licencí

4.5.2. Cenová kalkulace nákladů na pořízení systémů

V tabulce 4.15 jsou uvedené ceny pouze za zakoupení licencí uvedeného SW. Do nákladů nebyl započítáván HW, protože ten bude pro jednotlivá řešení více či méně totožný.

Pokud by si firma Škoda Auto koupila kompletní řešení od firmy Delmia, zaplatila by přibližně 56 miliónů Kč jenom za licence uvedených produktů. Řešení od firmy UGS Tecnomatix by na licencích stálo kolem 48 miliónů Kč. Z ekonomického hlediska by se více vyplatilo řešení od firmy UGS Tecnomatix. Pokud by byly započítány také náklady spojené s instalací systému, tvorbou knihoven, údržbou systému, přizpůsobení místním podmínkám a případným propojením se stávajícím IS, školením zaměstnanců externími firmami atp. dostali bychom se k částkám o několik miliónů nebo spíše desítek miliónů vyšším.

Produkt AP Press vyvíjený koncernem VW, konkrétně firmou Audi, nebude placen formou kupování licencí a všech ostatních náležitostí. Firma Škoda Auto zaplatí za celý jeho vývoj a implementaci. Dále koupí licence na systém HLS za cca 1 700 000 Kč od firmy Bentley Systems (také součást koncernu VW). Částka 60 milionů za systém AP Press je jenom hrubý odhad, protože dosud bylo utraceno za jeho vývoj cca 56 milionů.

Produkty vyvíjené koncernem VW (AP, AP Press, HLS) jsou dostupné pro všechny závody v celém koncernu. I když se jeví částka necelých 62 milionů korun jako nejméně ekonomicky vhodné řešení pro firmu Škoda Auto, tak je tato investice výhodná pro celý koncern VW. A to z jednoduchého důvodu. Protože se náklady spojené s vývojem systému AP Press rozpočítají na všechny závody a provozy, které jej v rámci koncernu následně využijí.

Delmia	Počet licencí	Cena 1 licence	Suma celkem
Process Engineer	65	625 000 Kč	40 625 000 Kč
Quest	16	750 000 Kč	12 000 000 Kč
Human	6	500 000 Kč	3 000 000 Kč
Delmia celkem			55 625 000 Kč
Tecnomatix			
eM-Planner	65	525 000 Kč	34 125 000 Kč
eM-Plant	6	911 100 Kč	5 466 600 Kč
eM-Workplace	10	600 000 Kč	6 000 000 Kč
eM-Human	6	450 000 Kč	2 700 000 Kč
Tecnomatix celkem			48 291 600 Kč
AP-Press			
AP-Press	77	0 Kč	60 000 000 Kč
HLS, Microstation	10	170 000 Kč	1 700 000 Kč
AP-Press celkem			61 700 000 Kč

tab. 4.15 Předpokládané náklady na pořízení systémů

Z uvedených úvah a propočtů tedy vyplývají hlavní důvody, proč jde koncern VW cestou vývoje vlastního systému. Jsou to především velmi vysoké náklady na licence produktů Delmia a Tecnomatix, které by v případě rozšíření do vícero koncernových značek (Audi, Škoda, Seat atd.) byl koncern VW nucen vynaložit. Vlastní vývoj je sice také spojen s vysokými náklady, ale plynou z něho mnohé výhody. Jmenovitě nižší náklady na provoz a údržbu, protože systém spravují vlastní

zaměstnanci a ne externí firmy. Volná šířitelnost systému do všech koncernových značek bez nutnosti placení licencí. Společný koncernový systém přinese standardizaci zařízení a procesních operací. A ze standardizace vyplývá možnost porovnávat závody mezi sebou. Možnost zdokonalovat a rozvíjet vlastní systém, čímž se rozšiřuje vlastní Know How, které se dá později výhodně prodat. Instalaci systému, tvorbu potřebných rozhraní do podnikových IS, školení uživatelů mohou také provádět interní zaměstnanci nebo zaměstnanci koncernu.

5. Další rozvoj systému AP Press

Systém AP Press se nyní nachází ve stadiu vývoje, proto zde nastíníme oblasti, které podle našeho názoru potřebují rozšířit nebo doplnit. Samozřejmě je nutné nejdříve splnit několik podmínek. Jmenovitě tvorba 3D modelů všech zařízení, zejména lisů a transportních linek. Dále tvorba biomechanicky přesných modelů lidí s ohledem na pohlaví, geografickou nebo spíše rasovou příslušnost – fyzické dispozice atp. Úprava layoutů hal a tvorba jejich prostorových modelů, nebo alespoň jejich částí. V neposlední řadě jsou nutné změny a úpravy výrobní dokumentace produktů.

5.1. Ergonomie a simulace procesů

První oblast, které by se měla věnovat zvýšená pozornost, je ergonomická analýza pracoviště.



obr. 5.1 Pracovní prostředí

Jejím hlavním cílem je optimální návrh pracoviště a úprava procesů tak, aby co nejvíce rostla produktivita práce. V posledních letech si začínají průmyslové podniky konečně uvědomovat, že lidé nejsou stroje a že tak s nimi nelze zacházet. Zaměřují se tedy více na zlepšení pracovních podmínek svých zaměstnanců. Hlavní důraz je kladen na ergonomii a zdravotní nezávadnost pracovního prostředí. Všechna tato kritéria splňuje špičkový nástroj od firmy UGS Tecnomatix [12] nazvaný Jack.

5.1.1. Pracovní prostředí

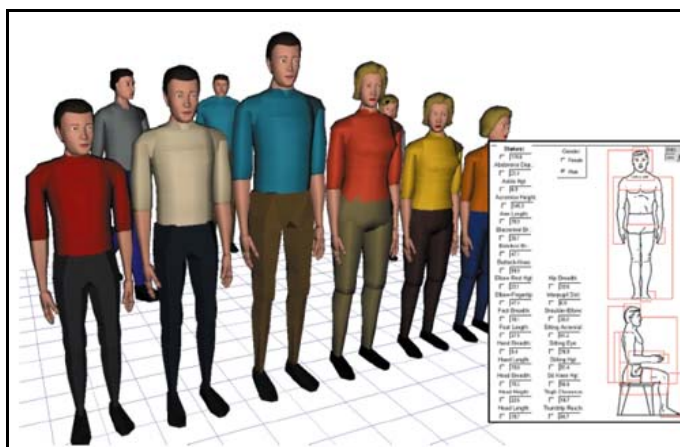
Model pracovního prostředí může být vytvářen přímo v tomto simulátoru, ale častěji bývá přenesen z CAD systémů. Z hlediska pracovního prostředí se do virtuálního pracoviště zanáší specifické lidské vlastnosti a požadavky. Prioritou je maximální redukce pracovních operací v nepřírodných/namáhavých polohách a optimalizace rozmístění nástrojů a materiálu obr. 5.1. Příkladem mohou být veškeré činnosti vykonávané s rukama nad hlavou. Proto je nutné se soustředit na vertikální polohu umístění materiálu, nářadí. Jednoduché úpravy pracovního prostředí mohou snížit riziko zranění a zbytečně vynaloženou energii.

5.1.2. Modely zaměstnance

Respektování různých fyzických dispozic obou pohlaví (rozdílná výška, síla atp.) a možnost analýzy pracoviště na základě průměrných modelů lidí by mělo být samozřejmostí každého systému. Ergonomická analýza by však neměla pracovat pouze s průměrnými modely lidí. Měla by brát v úvahu také různé velikosti postav. Možnost tvorby libovolně velkých modelů lidí, tak aby reprezentovaly jakéhokoli jedince z cílové populace obr. 5.2, umožňuje vytvářet vhodná pracoviště a pracovní procesy šité na míru zaměstnancům.

Takto vyspělé ergonomické systémy umožňují tvorbu biomechanicky přesných modelů člověka z hlediska velikosti, váhy, pohlaví, stáří atd. Berou také v úvahu přirozené rozsahy pohybu dané velikostí končetin a ohybností kloubů. Na lidské tělo lze potom nahlížet jako na soubor částí/segmentů (údy, části končetin) a kloubů s různým počtem os a stupňů volnosti. Detailní popis antropomorfních vlastností, sil, schopností a rozložení lidského těla na části je základem pro simulace

pracovních operací. Tyto biomechanické modely byly vytvořeny na základě studií NASA.



obr. 5.2 Modely lidí

5.1.3. Rozbor pracovních operací a jejich simulace

Biomechanický model člověka se vkládá do virtuálního pracovního prostředí a připravují se startovní pozice pracovních operací. Dále se vytváří pracovní kinematika modelu manipulací jednotlivých kloubů nebo zacházením s celky – paže, nohy, trup, atd. Celá operace je rozdělena do sledu elementárních pohybů a jsou nastaveny jednotlivé pozice, kterými vybrané segmenty nebo celky prochází. Simulace pracovní operace se provádí staticky nebo dynamicky. Statická simulace je bez modelování celého pohybu.

Daleko zajímavější je dynamická simulace, která vytváří animaci celého pracovního úkonu v reálném čase. Animaci je možné vytvořit dvěma metodami. Jedna možnost využít výkonných simulačních nástrojů. Druhá možnost nabízí nástroje virtuální reality – kybernetické rukavice, HMD – virtuální brýle a polohové snímače připevněné na různých částech těla, kterými je nasnímán celý pohyb pracovní operace. Na základě těchto údajů je později vytvořena animace.

5.1.4. Ergonomická analýza pracoviště a procesů

Ergonomická analýza je závěrečnou fází při simulaci pracovních operací. Je také tou nejdůležitější, protože vyhodnocuje předchozí simulace a pomáhá analyzovat fyzickou námahu a možnosti zranění pracovníků. Podle ní lze určit nevhodnější pracovníky pro danou operaci, co se týká potřebné síly, dosahu, fyzické kondice atd. Na základě jejích výsledků se optimalizuje rozmístění nástrojů, materiálu, strojů atp., sled operací a ověří se správnost daného postupu.



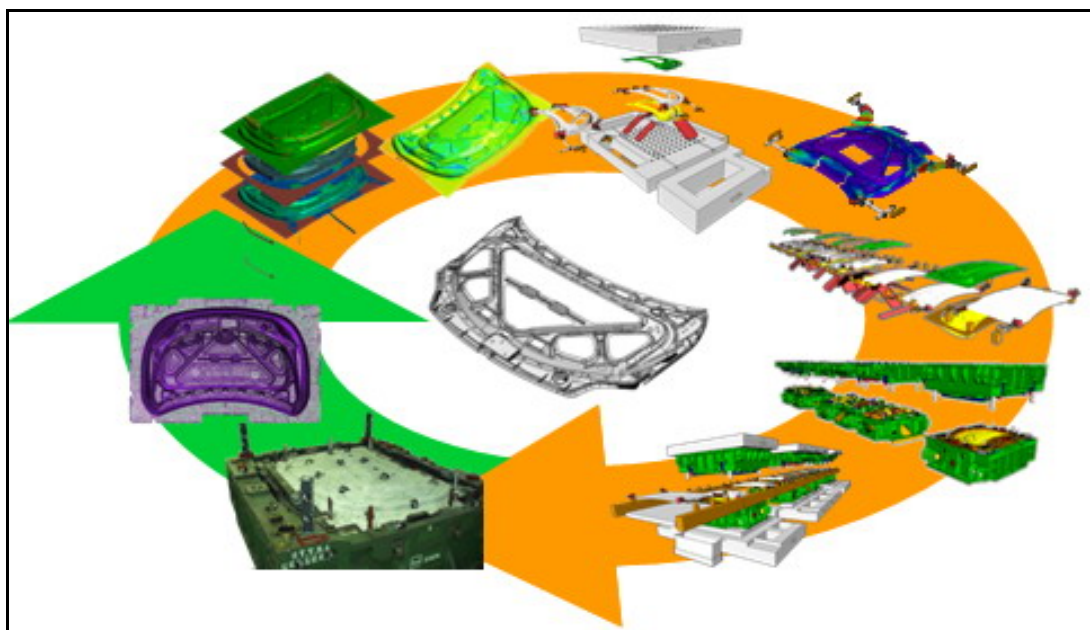
obr. 5.3 Zátěžové analýzy

Největší důraz by měl být kladen na bezpečnost pracovníků a na snížení jejich fyzické námahy. K dispozici jsou rozmanité typy ergonomických analýz obr. 5.3 – únavová analýza, predikce statické síly, OWAKO – držení těla (pracovní pozice), zdvihové analýzy a mnohé další. Jednou z analýz je také zkoumání zatížení bederní části zad. Tato metoda vyžaduje složitý biomechanický model páteře a svalů trupu. Ze zadaných údajů (váha břemena, pozice horní části těla atp.) vypočítá tlakovou sílu na jednotlivé bederní obratle a porovnává s normami.

Výsledkem těchto analýz by mělo být pracoviště, které zohledňuje potřeby pracovníka a vede k efektivnějšímu a bezpečnějšímu využití jeho schopností. S rostoucí kvalitou pracovního prostředí poroste i spokojenost zaměstnanců. Důkladná příprava pracoviště a optimalizace procesů přináší výhody jak pro zaměstnavatele, tak i zaměstnance. Proto by podle našeho názoru, měl jít rozvoj systému AP nebo AP Press tímto směrem.

5.2. Virtuální výrobní koncept

Hlavní motivací vedoucí k tvorbě virtuálního konceptu je zvýšení produktivity optimalizací procesů (V, L, Q). Největší důraz je samozřejmě kladen na důkladnou přípravu výrobních operací. K tomu jsou vhodné nástroje DF, které umožňují virtuálně navrhovat procesní operace a následně je analyzovat pomocí simulací. Umožňují tvorbu a ověření formovacích operací, materiálových toků, interní kinematiky lisovacích zařízení atd.

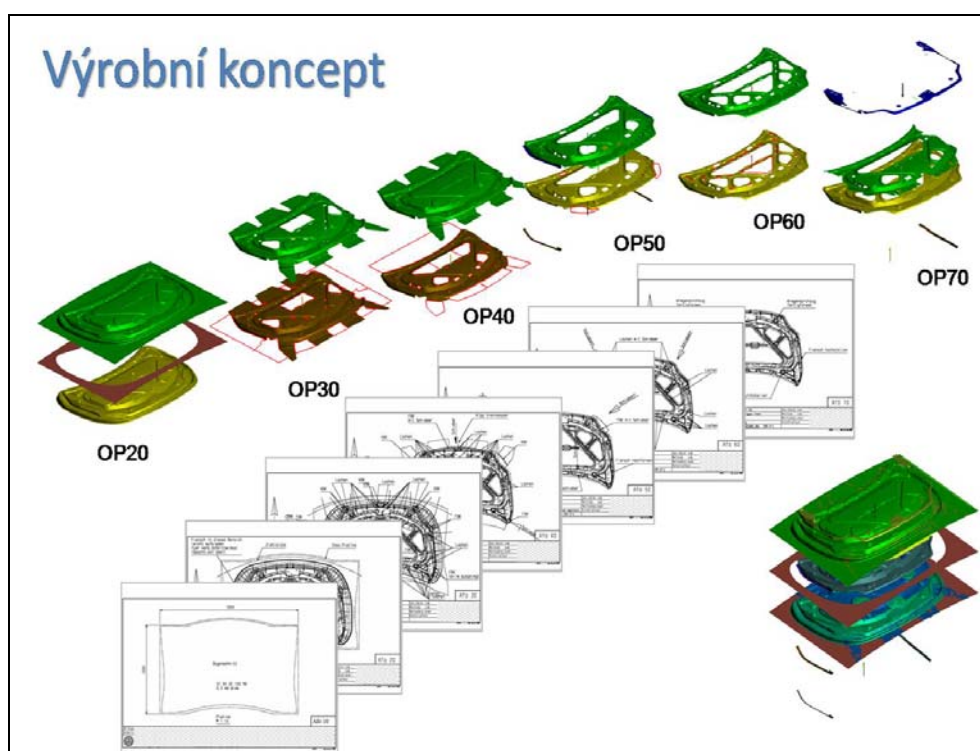


obr. 5.4 Virtuální výrobní koncept

Virtuální výrobní koncept zahrnuje plánovací etapy, kterými prochází virtuální produkt. Jedná se o ty etapy, které doposud v životním cyklu produktu PLM chyběly. Celý tento virtuální koncept se nyní nachází ve stadiu vývoje, a tudíž není zatím moc dostupných informací. V následujících kapitolách budou naznačeny výrobní etapy podle obrázku 5.4. Poslední dvě fáze jsou zaměřeny na digitalizaci lisovacích forem a samotných výlisků, které budou sloužit k optimalizaci výrobních postupů. A těmi se životní kruh produktu uzavře.

5.2.1. Výrobní koncept

V první etapě se naplňuje výrobní postup operace za operací. To si ovšem žádá vytvoření virtuálních modelů všech fází/stádií výlisku. Wireframe (drátová) konstrukční dokumentace se nahrazuje 3D solid modely. V každém kroku jsou prováděny následující operace – lisování (formování), stříhání, tažení, děrování atd. Cílem tohoto plánování je navrhnout výrobu požadovaného produktu v co nejmenším počtu výrobních operací (zkrátit výrobní čas) a zároveň s minimálním odpadním materiálem. Samozřejmě je také výhodné vyrobít co nejvíce dílů na jeden zdvih lisu a tím také zvýšit produktivitu ale při zachování požadované kvality.

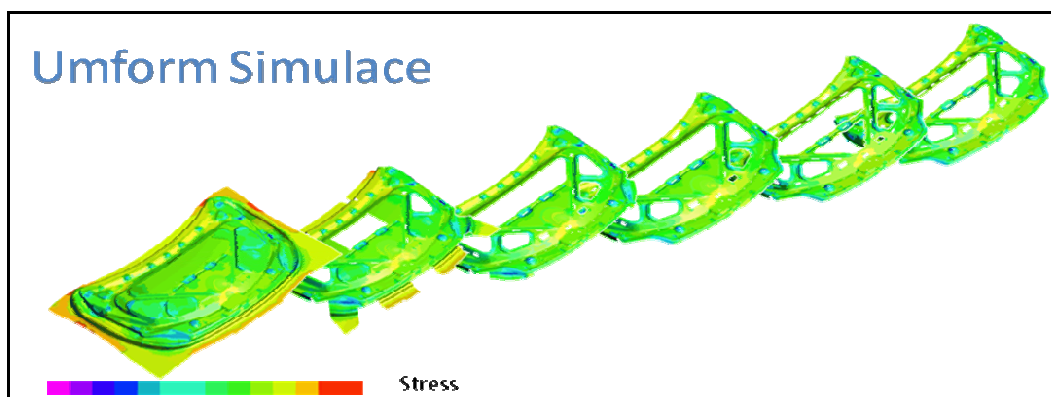


obr. 5.5 Sled výrobních operací

5.2.2. Umform simulace

Umform simulace je zaměřena na průběh formování výlisku. Tato simulace umožňuje plánovačům zvolit nejlepší postup (nebo optimalizovat stávající) při tvarování výlisku s ohledem na maximální povolené deformační napětí. V obrázku 5.6 jsou naznačeny jednotlivé fáze formování výlisku se sledováním průběhu napětí potažmo síly, která při překročení stanovených mezí může způsobit trhliny ve výlisku.

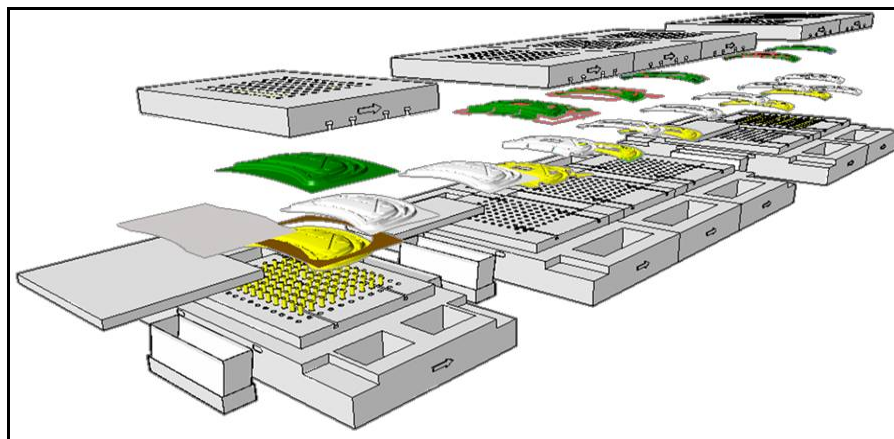
Umform simulace vlastně analyzuje předchozí etapu plánování a z jejích výsledků lze posoudit vhodnost výrobního konceptu.



obr. 5.6 Umform simulace

5.2.3. Koncepce zařízení

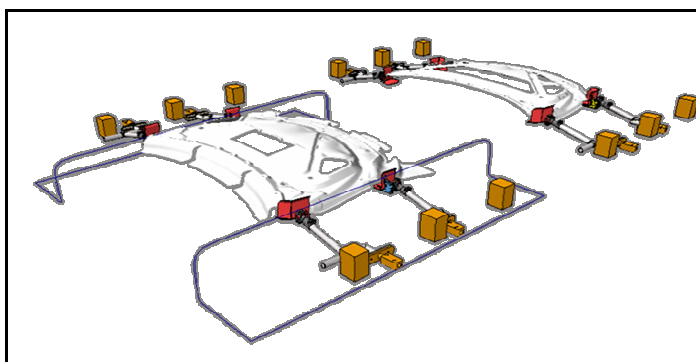
Představuje tvorbu virtuálních modelů všech lisovacích zařízení, přípravu lisovacích linek pro vykonání naplánovaných operací – plánování pracovních (činných) ploch, kinematiky lisu atp.



obr. 5.7 Koncepce zařízení

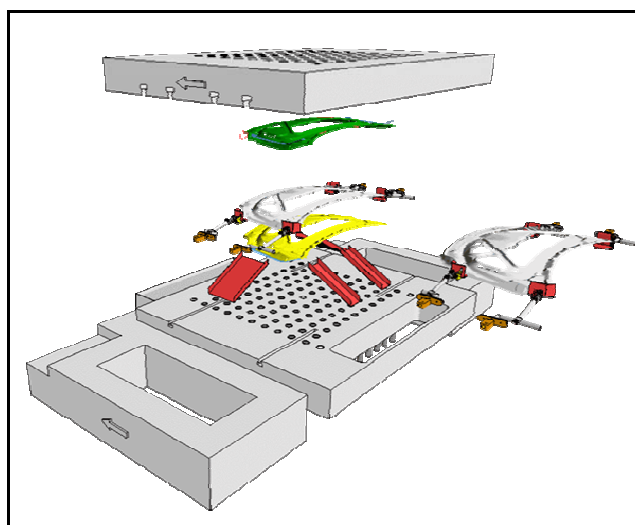
5.3. Virtuální materiálové toky

Cílem je optimálně naplánovat materiálové toky – odvod odpadního materiálu, transport výlisku skrze lisovací zařízení a manipulace s ním mezi jednotlivými lisovacími zařízeními. To znamená určit trajektorii pohybu výlisku a prostorovou orientaci, pokud je potřeba výlisek otáčet atp. Rozmístit držáky obr. 5.8 (přidržené body) tak, aby se co nejvíce snížily nechtěné deformace během manipulace s výlisky. Vybrat optimální tloušťku plechu a nastavit maximální počet zdvihů lisu.



obr. 5.8 Rozmístění přidržných bodů

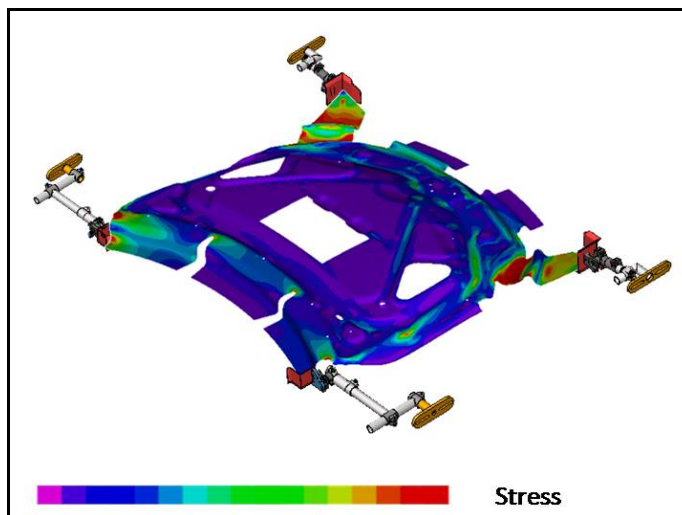
Tvorba konceptu kinematiky výlisku obrázek 5.9 pomáhá odhalit problémová místa, kde by mohlo docházet k největšímu dynamickému zatížení a nechtěným deformacím. Umožňuje také vyhnout se kolizím s výrobním zařízením a efektivně rozmístit zásobníky a šachty na odpadní materiál.



obr. 5.9 Plánování kinematiky

5.3.1. Transferová simulace

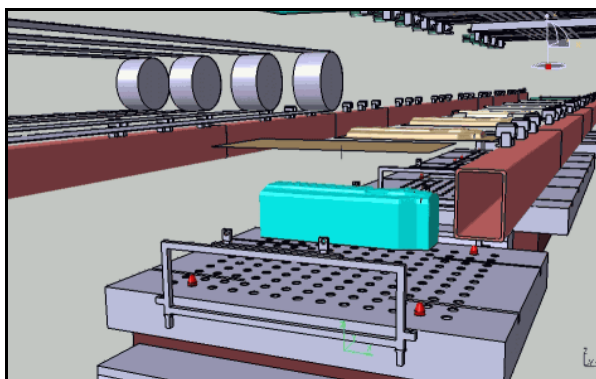
Je to dynamická simulace zaměřená na ověření naplánovaného transportu výlisku při zadaných parametrech (trajektorie, tloušťka plechu, atp.). Umožňuje optimálně zvolit rychlost při zadané trajektorii, aby nedocházelo k poškození výlisku deformacemi a zvolit optimální řešení s maximální produktivitou za dodržení požadované kvality.



obr. 5.10 Ověření transferového plánu

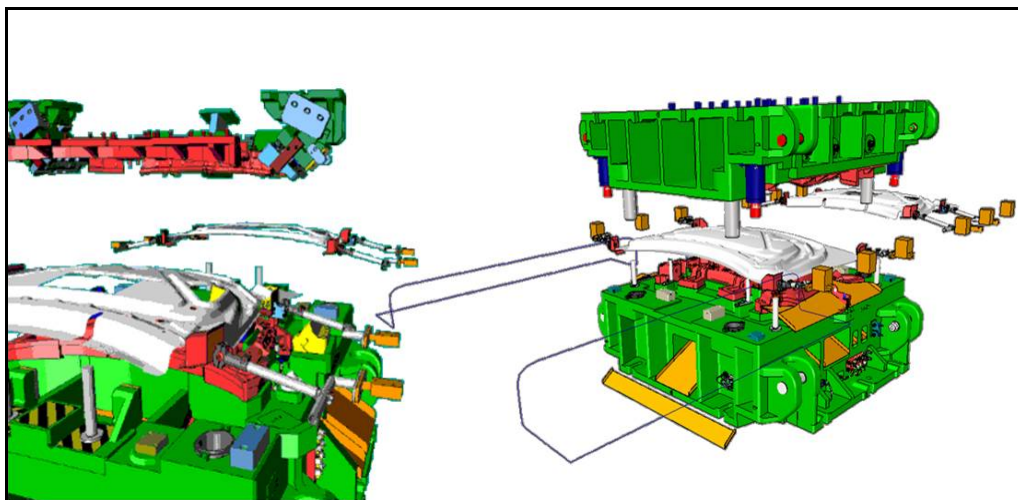
5.4. Virtuální procesy

Na základě předchozích plánů a analýz se vytváří virtuální procesní plán pro výlisek. Pomocí nástrojů AP Pressu se vytváří výrobní plán (kapitola 3.5), ke kterému se přidají další plány. Jedním z nich je kinematický řetězec obr. 5.11, který znázorňuje vnitřní kinematiku lisovacího zařízení, materiálové toky a transferové linky.



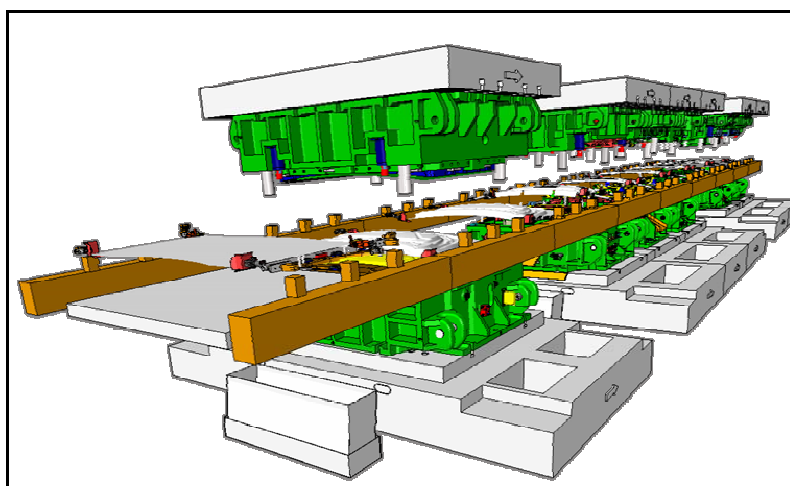
obr. 5.11 Kinematický plán

Po vytvoření návrhu/koncepce procesních plánů následují kontrolní analýzy, které mají za úkol vyhledat chyby - vnitřní kolize výlisku se zařízením obrázek 5.12 vpravo a kolize transferových linek s výrobním zařízením vlevo.



obr. 5.12 Kontrola kolizí

Po odstranění všech chyb následuje vytvoření procesních plánů a výrobní simulace obr. 5.13. Plánovači mají možnost si prohlédnout celý výrobní koncept od vložení neopracované platiny (plechu) až po finální výlisek.



obr. 5.13 Simulace výroby

Všechny tyto nástroje, které budou v nadcházejících letech implementovány do systému AP Press, umožní plánovacím útvarům výrazně zrychlit a zefektivnit jejich práci.

6. Návrh implementace systému AP Press do Škoda IS

V současné době se pro vytváření technologických postupů používá systém Techedit a jeho součást TEXT. Systém Techedit spravuje výrobní kusovníky a umožňuje získávat informace o dílech, výrobních operacích a technologických vazbách. Obsahuje také funkce pro objednávání materiálu a kalkulace. V TEXTu byly slovně popsány technologické postupy. S realizací systému AP Press, který má komfortní uživatelské grafické rozhraní, bude systém TEXT stoprocentně zrušen a systém Techedit zůstane pouze pro objednávání materiálu a kalkulace. Všechny ostatní funkce přebírá systém AP Press, který poskytuje nástroje pro kompletní plánování výroby včetně výstupů pro management, výrobu atd. To znamená, že útvar plánování výroby bude používat pouze systém AP Press a tudíž je nutné zajistit přenos relevantních dat do systému Techedit.

6.1. Výběr typu rozhraní

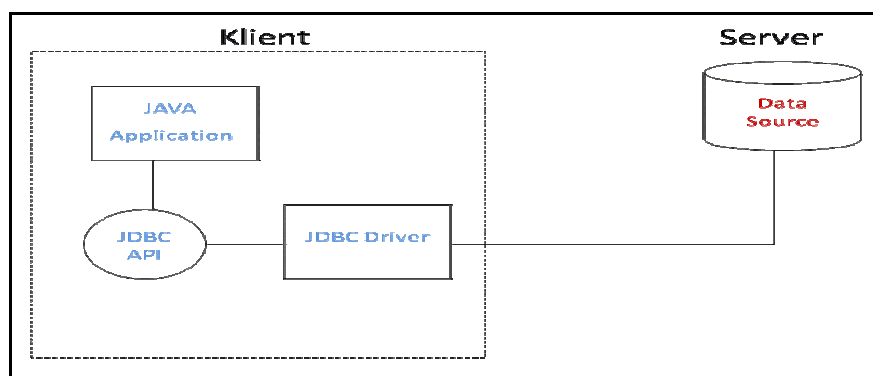
Akciová společnost Škoda Auto používá pro uchovávání svých digitálních dat databázový systém Oracle. Zaměřili jsme se tedy na možnosti načtení a uložení dat pomocí nástrojů nabízených SRDB Oracle. Při výběru typu SW rozhraní mezi těmito Oracle databázemi přicházely v úvahu tři možnosti.

1. První možnost byla nechat si exportovat vybraná data do souboru. Databázový systém Oracle 10g Express Edition nabízí novou funkci pro transportování dat s názvem Oracle Data Pump. Tato funkce je nová generace předešlých funkcí Export a Import. Pro extrakci dat z databáze využívá API (DBMS_DATAPUMP), které nevyužívá k přenosu SQL buffer. Byl vytvořen pro rychlý přenos velkého množství dat. Pro naši aplikaci to však nepřináší žádné velké výhody, jelikož nebude potřeba přenášet velká množství dat. Data Pump nevytváří exportované soubory na klientu, ale v souborovém systému na serveru. To znamená, že ve zdrojové databázi musí být vytvořen databázový objekt DIRECTORY, do kterého bude možné exportovaná data uložit. Další nevýhodou je, že takto vyexportovaná data mohou být načtena pouze pomocí funkce Data Pump Import. Data Pump totiž není zpětně kompatibilní se staršími generacemi nástrojů Import a Export (používá jiný formát přenášených dat). Také

nepodporuje formát XML. Data Pump jsme tedy po úvaze z našeho výběru vyřadili, jako nevhodný.

2. Druhá možnost byla využít standardních nástrojů pro přenos dat – Import a Export (funkce/nástroje se jmenují imp a exp). Pomocí těchto nástrojů je možné exportovat potřebná data do souboru klienta (klientského počítače). Data mohou být přenesena v textovém formátu nebo přeformátována do XML. Textový formát je náchylný na chyby a dnes již není všeobecně podporován. Naproti tomu je dnes XML formát, standard pro přenos a popis dat. Značkovací jazyk nebo spíše metajazyk XML používá značky a oddělovače pro definování dat. Jeho hlavními výhodami jsou podpora všech světových jazyků, nezávislost komunikace na platformě a aplikaci a jednoduchý převod na jiné formáty. Tuto možnost jsme vyřadili kvůli poměrně pomalému přenosu dat a nemožnosti znovuoobnovení přenosu po přerušení spojení.

3. Třetí možnost byla přímý přístup do databáze, která nám přišla nejefektivnější a nejrychlejší. Protože není potřeba, aby nám data někdo exportoval z databáze AP Press a importoval do databáze Techedit. JDBC API poskytuje základní rozhraní pro jednotný přístup k databázím. Základem konceptu JDBC je využití funkčnosti poskytované JDBC ovladačem, který je následně překládá do nativních volání dané databáze. Ovladače jsou poskytovány přímo tvůrcem databáze, tedy v našem případě Oraclem. Na výběr jsme měli čtyři kategorie JDBC ovladačů. Vybrali jsme ovladač čtvrté kategorie – přímé připojení k databázi. Tento ovladač je plně optimalizován pro danou databázi a komunikuje přes protokol definovaný výrobcem přímo s databází.



obr. 6.1 Přístup do databáze pomocí API JDBC

I když jsme použili vlastní schémata databází, zachovali jsme stejná pravidla pro manipulaci s daty, jako je tomu ve firmě Škoda Auto. Koncernová databáze AP Press není volně přístupná pro uživatele. Z bezpečnostních důvodů z ní nelze pomocí SQL příkazu select získávat libovolná data. Nezbytná data jsou přístupná pouze z předem vytvořených pohledů – ty vytváří administrátoři v koncernu VW.

Bylo tedy nutné nastudovat tvorbu pohledů. Jak vyplývá z názvu, nejedná se o fyzická data, ale pouze o jistý předpis pro získání podmnožiny dat. Tvoří se pomocí SQL dotazu select. Lze získávat data z jedné nebo více databázových tabulek. Podle toho se buď jedná o jednoduchý, nebo komplexní pohled.

V naší práci jsme vytvořili komplexní pohled, který nám zpřístupňuje data z více tabulek najednou. Vytvořený pohled se jmenuje EXPORT a zpřístupňuje data nutná pro zachování všech funkcí systému Techedit. Z důvodu bezpečnosti bylo nutné vytvořit nového uživatele exp s omezenými právy. Uživatel exp má systémová privilegia daná rolí connect a pouze jedno objektové právo – select nad pohledem Export z naší databáze appress.

V předchozí kapitole bylo vybráno rozhraní s přímým přístupem do databáze s využitím API JDBC. Zvolili jsme objektově orientovaný jazyk Java 2 Platform Standard Edition Development Kit 6.0 a vývojové prostředí Java Netbeans IDE 5.5. Hlavní výhody programovacího jazyka Java jsou:

- **dědičnost** – umožňuje vytvořit odvozenou třídu (zděděnou), která získává funkce a atributy své rodičovské třídy.
- **robustnost** – programovací jazyk Java obsahuje před vykonáním/exekucí ještě fázi ověření/verifikaci, která chrání hlavně toho, kdo program spouští. Javovské kompilátory provádí přísnou kontrolu syntaktických chyb a jejich většina je odhalena již při návrhu.
- **nezávislost na platformě** – přenositelnost Javy na libovolnou platformu (počítač s operačním systémem) díky byte kódu a JVM.
- **dostupnost knihoven a ovladačů** – rozsáhlé aplikační rozhraní Java Core API, obsahující množství balíků a knihovnických tříd.

Vlastní realizace rozhraní obnášela v první řadě importovat JDBC balík a jeho třídy do classpath našeho zdrojového kódu. Tento balík tříd je poskytován přímo s konkrétním databázovým SW nebo je volně dostupný na webových stránkách firmy Oracle [15]. Na výběr jsme měli ze čtyř typů ovladačů – THIN (tenký), OCI (tlustý, bohatý), JDBC-ODBC bridge, využití JDBC driver serveru. My jsme využili **THIN** driver, protože využívá síťového protokolu pro přímé připojení do databáze viz. obr 6.1.

Pro připojení do námi vytvořené databáze AP Press bylo nutné zadat URL. Ta se skládá z IP adresy, portu a SID. Databáze AP Press běžela na localhostu (127.0.0.1), port 1521 a SID XE. Pro načtení dat z pohledu jsme se přihlásili jako uživatel exp. Všechna data jsme načetli pomocí příkazu select z pohledu Export do polí typu String a ukončili spojení s databází AP Press.

Databáze AP Press a Techedit jsou navzájem heterogenní. Atributy v jednotlivých databázích neodpovídaly jak názvem, tak ani datovým typem. Proto bylo nutné zjistit, který atribut v databázi AP Press odpovídá atributu v databázi Techedit a provést jeho typovou konverzi.

Po provedení četných datových konverzí jsme navázali spojení s databází Techedit. Tato databáze byla spuštěna na druhém počítači (IP 192.168.0.1). Všechna data byla přenesena do tabulek techedit a spojení bylo ukončeno.

Závěr

Práce byla zaměřena na stále se rozvíjející systémy označované termínem „digitální fabrika“. Tyto systémy významně mění technologii návrhu a plánování výrobních procesů a provozů. V dnešní době prodělávají ohromný rozmach hlavně v automobilovém a leteckém průmyslu. Toto téma vzniklo na podnět Škoda Auto, kde se problematika digitální fabriky aktuálně řeší.

Část práce je věnovaná PLM systémům, což jsou systémy řídící životní cyklus produktu. Byl vysvětlen podíl nástrojů DF při tvorbě nového, popřípadě inovace již vyráběného produktu. Důležitá je budoucí provázanost DF s ostatními systémy, které jsou součástí PLM. Studium a analýze současného stavu bylo nutné proto věnovat velkou pozornost. Systémy digitální továrny se budou v nejbližších letech dále rozvíjet a jejich zavedení pravděpodobně způsobí v dohledné době novou revoluci ve strojírenském průmyslu.

Pro splnění cílů diplomové práce byl z výše uvedených důvodů poměrně detailně studován a analyzován stávající stav plánování výrobních procesů ve firmě Škoda Auto. Z našich analýz vyplynula jednoznačná nevhodnost dosavadně používaných nástrojů typu MS Office atd. Prozkoumali jsme proto alternativní způsoby tvorby virtuálního pracoviště a procesních plánů. Bylo provedeno srovnání jednotlivých variant DF různých firem a posouzena jejich vhodnost z hlediska návrhu virtuální lisovny. Tyto varianty byly od firem UGS - Tecnomatix, Dassault Systèmes – Delmia Solutions a produkt, který je vyvíjen v koncernu VW – AP Press. Rozsáhlá analýza těchto systémů obnášela studium cizojazyčných příruček, dokumentace a programů, získání cenových nabídek pro různé varianty použití.

Z důvodu posouzení vhodnosti jednotlivých řešení výše zmíněných firem bylo nutné detailně prostudovat možnosti tvorby procesních plánů výlisků. Byly popsány jednotlivé etapy plánování výroby virtuálního produktu od tvorby výrobního konceptu až po finální tvorbu procesních plánů. Provedli jsme ekonomickou analýzu nákladů na implementaci jednotlivých variant. Ze získaných dat a informací jednoznačně vyplynula potřeba pokračovat ve vývoji vlastního produktu a integrovat jej do stávajícího prostředí ve firmě Škoda Auto. Proto je nutné zajistit propojení AP Pressu s vybranými moduly IS navazujícími na budoucí DF.

Proto jsem navrhl a realizoval softwarové rozhraní, které propojuje vznikající DF se stávajícími IS, kde nejdůležitějšími jsou transformace relevantních datových

struktur mezi jednotlivými systémy tak, aby chod v nové struktuře nebyl narušen. V závěru jsem upozornil na slabiny systému AP Press a nastínil jsem jeho další možný rozvoj tak, aby plně vyhovoval požadavkům pro plánovací proces.

Použitá literatura

- [1] RNDr. Klára Císařová, Ing. Jan Tišer: *Počítačová grafika*, Liberec: TUL, 1990
- [2] ALT, R. ÖSTERLE, H.: *Real-time Business: Lösungen, Bausteine und Potentiale des Business Networking*, Springer, Berlín, 2004
- [3] Dr. Michael Grieves, *Digital Manufacturing in PLM Environments*, CIMdata, leden 2006
- [4] *Digitální fabrika*, Koncepční studie pro Škoda Auto, gedas ČR, Mladá Boleslav, 2003
- [5] J.Encarnacao, E. G. Schlechtendahl, *Computer Aided Design – Fundamentals and System Architectures*, Berlin: Springer-Verlag, 1983
- [6] *Příručka PEP*, Příručka k pracovnímu procesu Vznik výrobku, Škoda Auto, Mladá Boleslav, 2004
- [7] P. Waurzyniak, *Digital Manufacturing Taking Hold*, online, 2003
<<http://www.sme.org/manufacturingengineering>>
- [8] Bezier, Pierre. How a Simple System was Born, in Farin, Gerald: *Curves and Surfaces for C.A.G.D.*, Academic Press, 1988
- [9] F. Ebert, Dr. M. Waydt, Prof. Dr. R. Kolleck, *Strategic questions of car body engineering today and tomorrow*, online, 2007, <www.automotive-circle.de>
- [10] Delmia, online, <<http://www.delmia.de>>
- [11] Dr. F. Röhrdanz, *Kooperation und Integration von Prozeßplanungs – Werkzeugen zur Umsetzung der Digitalen Fabrik*, VW, 2000
- [12] UGS, online, <<http://www.ugs.com>>
- [13] Dr. Robert Reiter, *Using DF Methods in Production Planning*, BMW, Daratech Summit 2003
- [14] J. Theilen, *Statusbericht: Schließung der PLM-Kette zwischen Design und Presswerk*, VW, Wolfsburg, 2007
- [15] Oracle, <<http://www.oracle.com>>
- [16] Bruce Eckel, *Knihovna zkušeného programátora*, Grada publishing, Praha 2001
- [17] Michael Abbey, Mike Corey, Abramson: *Základy práce s databází Oracle 9i*, SoftPress 2002

Seznam obrázků, tabulek a grafů

obr. 1.1 Montážní hala	12
graf 1.2 Dosažené úspory nákladů	16
obr. 1.3 Náklady na změnu v etapě plánování	17
obr. 1.4 Celkové výhody dosažené pomocí nástrojů DF	18
obr. 2.1 PLM řešení od firmy UGS	19
obr. 3.1 Koncepce systému AP	23
obr. 3.2 Základní koncept projektu haly	24
obr. 3.3 Ukázka výřezu půdorysu haly	25
obr. 3.4 Objemový výřez montážní haly	26
obr. 3.5a Layout haly s Bauplan a Aufstellplan úrovní plánu	27
obr. 3.5b Předchozí layout haly rozšířený o logistický plán s dopravníky	27
obr. 3.6 Wireframe a solid model přední kapoty	28
obr. 3.7 3D model lisu, technické atributy, výkresová dokumentace	28
obr. 3.8 Představení systému AP Press	29
obr. 3.9 Komplexní AP	31
obr. 3.10 Procesní plány pro jednotlivé závody	32
obr. 3.11 Kmen lisovacích zařízení	33
obr. 3.12 Přiložená data	35
obr. 3.13 Kategorie zařízení	36
obr. 3.14 Operace vykonávané na Ruční lis. lince č. 1	37
obr. 3.15 NS ruční lis. linky	38
obr. 3.16 Výrobní plány	39
obr. 3.17 Informace o plánu	39
obr. 3.18 Ergonomická analýza	44
obr. 3.19 MTM analýza	45
obr. 4.1 Delmia Powertrain	46
obr. 4.2 Delmia Process Engineer	47
obr. 4.3 Delmia PPR Hub	48
obr. 4.4 PPR Navigator	49
obr. 4.5 Layouty pracovišť	52
obr. 4.6 Simulace výrobní linky karosérií	53
obr. 4.7 Delmia Human	54
obr. 4.8 eM-Planner	55
obr. 4.9 eM-Workplace	56
obr. 4.10 eM-Human	57
obr. 4.11 eM-Plant	58
tab. 4.12 Srovnání systémů	59
tab. 4.13 Možnosti pokrytí plánovacích činností produkty DF	60
tab. 4.14 Předpokládané počty licencí	61
tab. 4.15 Předpokládané náklady na pořízení systémů	62

obr. 5.1 Pracovní prostředí.....	63
obr. 5.2 Modely lidí.....	65
obr. 5.3 Zátěžové analýzy	66
obr. 5.4 Virtuální výrobní koncept.....	67
obr. 5.5 Sled výrobních operací	68
obr. 5.6 Umform simulace	69
obr. 5.7 Koncepce zařízení.....	69
obr. 5.8 Rozmístění přídržných bodů.....	70
obr. 5.9 Plánování kinematiky	70
obr. 5.10 Ověření transferového plánu.....	71
obr. 5.11 Kinematický plán.....	71
obr. 5.12 Kontrola kolizí	72
obr. 5.13 Simulace výroby	72
obr. 6.1 Přístup do databáze pomocí API JDBC.....	74
obr. 6.2 Datový model databáze Techedit.....	75